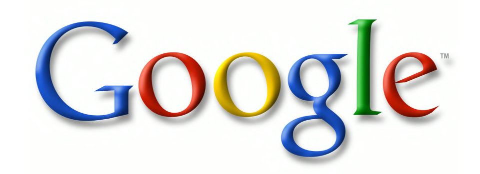


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

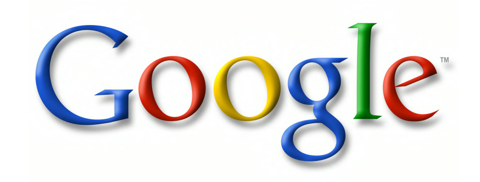
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

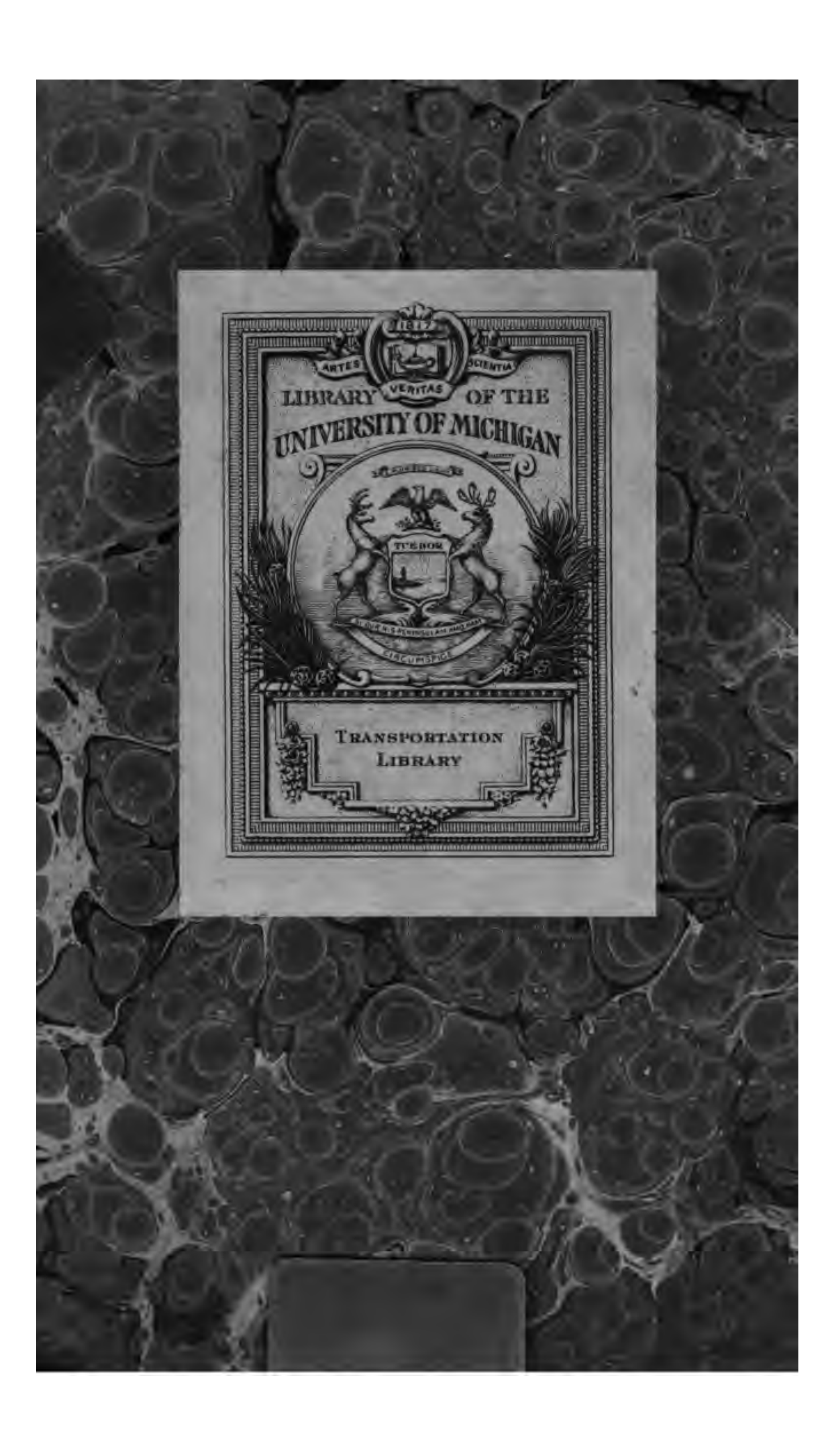
Nous vous demandons également de:

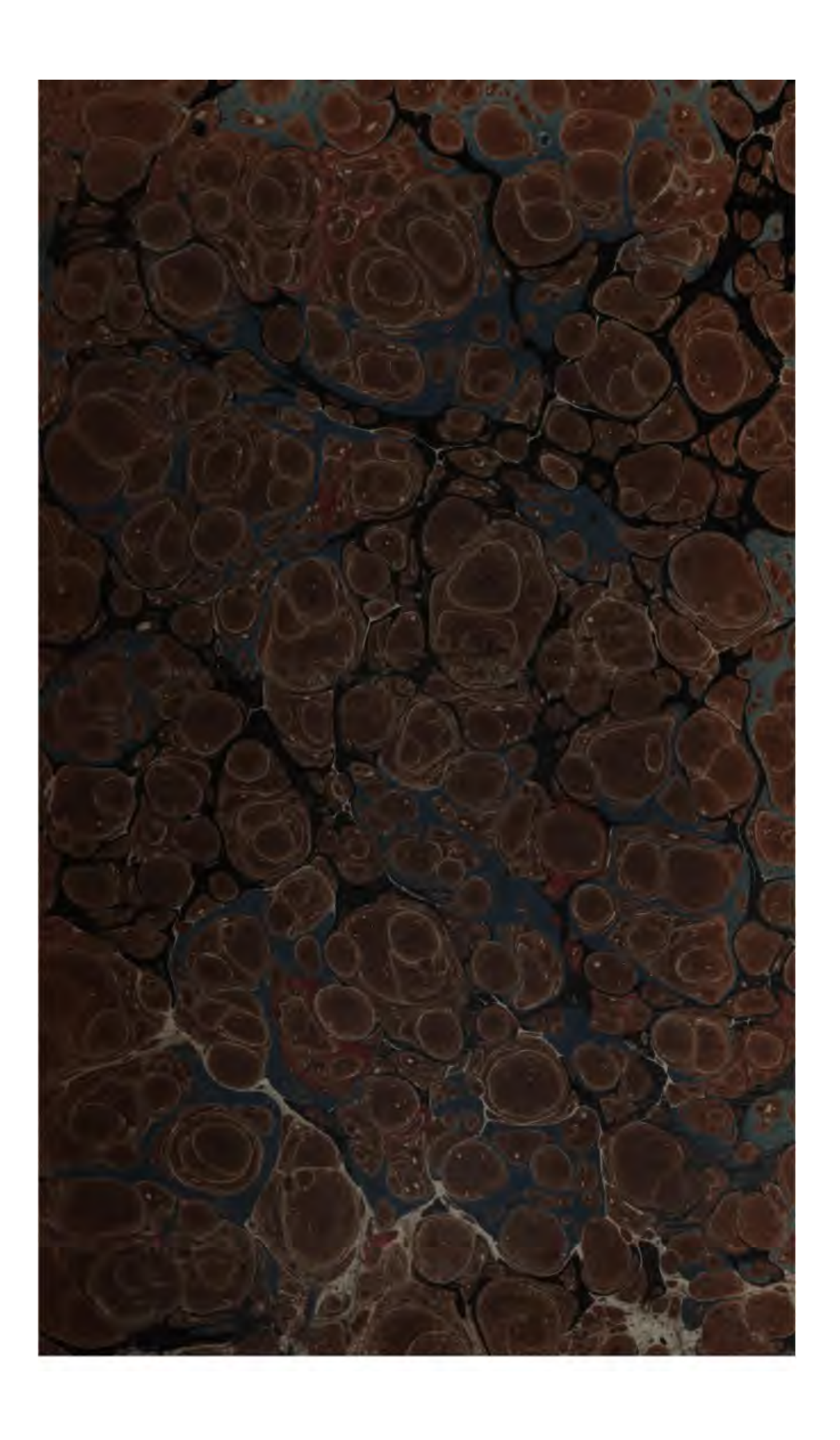
+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


A 760,120


1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE
TRANSPORTATION
LIBRARY



333
Transportation
Library
TN
57
.D86

Dufrénoy & de Beaumont

VOYAGE
MÉTALLURGIQUE
EN
ANGLETERRE.

Transport.
Stevens
6-14-29
19535

AVERTISSEMENT.

Les mémoires métallurgiques contenus dans ce volume sont tous extraits des *Annales des Mines*, où ils ont été publiés successivement depuis 1824 jusqu'en 1827.

Les observations qui en forment la base ont été recueillies pendant un voyage entrepris en 1823, principalement dans un but géologique, d'après les ordres de M. Becquey, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines. Cet administrateur éclairé, toujours occupé de provoquer les recherches, les entreprises nouvelles et les divers genres de perfectionnemens dans les deux parties importantes de service public qui lui sont confiées, avait résolu dès cette époque de faire recueillir tous les élémens d'une carte géologique générale de la France, projet qu'il a commencé à réaliser depuis (en 1825), et dont l'exécution se poursuit avec activité. Il se proposait d'en confier la direction à M. Brochant-de-Villiers, en lui adjoignant pour collaborateurs princi-

paux MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont; et, d'après la juste célébrité d'un travail semblable, exécuté récemment en Angleterre, et le grand nombre de faits géologiques remarquables que les savans de ce pays y ont signalés dans divers cantons devenus classiques, il avait jugé qu'il serait utile que ces trois membres du Corps des mines, pour se préparer à cette grande opération, fissent auparavant un voyage dans cette contrée, qui, depuis long-temps, n'avait pu être visitée par aucun minéralogiste français.

Mais en les chargeant de cette mission géologique, M. le Directeur général leur avait ordonné de ne pas négliger de visiter les mines les plus remarquables, les usines métallurgiques les plus importantes, et de recueillir tous les documens propres à augmenter nos connaissances dans les différentes branches de la pratique de l'art des mines.

MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont se sont livrés plus particulièrement à ce genre d'observations; ils ont à cet effet prolongé leur voyage au-delà de la saison convenable

aux excursions géologiques, afin de séjourner dans les contrées les plus renommées par leurs exploitations de mines et leurs établissemens métallurgiques; et, depuis leur retour, ils se sont occupés à consigner les résultats de leurs recherches dans les mémoires qui sont réunis dans ce volume.

Quoique ces résultats soient incomplets sous plus d'un rapport, on concevra facilement que dans un voyage assez rapide, qui d'ailleurs avait un but principal différent, il aurait été impossible à MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont de recueillir tous ceux qu'ils soumettent ici au public s'ils n'avaient pas été secondés, avec beaucoup de bienveillance, par un grand nombre de personnes du pays, et particulièrement par plusieurs propriétaires et chefs de mines et d'usines métallurgiques, qui ont bien voulu leur permettre la visite de leurs exploitations et de leurs ateliers, et qui leur ont fourni une foule d'explications et de documens qui leur étaient nécessaires. Ils ont trouvé sur-tout dans les savans les plus distingués de l'Angleterre un grand

empressement à les favoriser, soit en les aidant de leurs lumières, soit en les appuyant de leurs utiles recommandations : aussi ils se font un devoir et un véritable plaisir de leur payer ici aux uns et aux autres le juste tribut de leur reconnaissance.

Ils ont en outre tiré de grands secours des ouvrages de divers genres qu'ils ont pu se procurer, sur-tout de ceux qui contenaient des descriptions de contrées riches en mines, ou de procédés métallurgiques. Ces ouvrages sont indiqués dans chaque mémoire pour lequel ils ont été utiles ; s'ils n'ont pas toujours été cités pour chaque fait particulier qui en a été extrait, c'est qu'on a craint de trop multiplier les citations.

Malgré les soins que MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont ont apportés à la rédaction de ces mémoires, et sur-tout à vérifier l'exactitude des documens qui en sont la principale base, ils n'ont pas la présomption de croire qu'il ne s'y soit glissé aucune erreur. Ils espèrent que le public voudra bien accueillir leur travail avec quelque indulgence.

NOTE

SUR LES POIDS, MESURES ET MONNAIES

DONT IL EST QUESTION DANS CET OUVRAGE.

Lorsque dans cet ouvrage on parle de livres, de pouces, pieds, milles, acres, ou de toutes autres mesures étrangères au système métrique français, il est toujours sous-entendu que ce sont des mesures anglaises, et on a même eu presque toujours la précaution de l'exprimer. On aurait pu sans doute éviter toute équivoque en remplaçant les mesures anglaises par leur traduction en mesures métriques ; mais comme les grandeurs des objets construits en Angleterre sont très-souvent exprimées par des nombres ronds de mesures anglaises, on a jugé plus convenable de conserver ces nombres, en plaçant à côté, lorsque cela présentait quelque intérêt, leur valeur en mesures métriques. Pour mettre le lecteur à même de vérifier ces transformations, de les effectuer lui-même dans plusieurs cas où on n'a pas cru utile d'en surcharger

VOYAGE

MÉTALLURGIQUE

EN

ANGLETERRE.

MONNAIES D'ANGLETERRE,

au cours moyen de 1826.

		fr.	cent.
1 *penny* (au pluriel *pence*)........	=	0	10
1 *shilling*, composé de 12 pence......	=	1	26
2 shillings................	=	2	52
3..................	=	3	87
4..................	=	5	03
5..................	=	6	39
6..................	=	7	75
7..................	=	9	00
8..................	=	10	06
9..................	=	11	32
10..................	=	12	58
11..................	=	13	83
12..................	=	15	49
13..................	=	16	75
14..................	=	18	01
15..................	=	19	26
16..................	=	20	12
17..................	=	21	38
18..................	=	22	64
19..................	=	23	90
1 livre sterling (*pound*), composée de 20 shillings..............	=	25	15
2 livres sterling..............	=	50	30
3..................	=	75	45
4..................	=	100	60
5..................	=	125	75
6..................	=	150	90
7..................	=	176	05
8..................	=	201	20
9..................	=	226	35
10..................	=	251	50

VOYAGE MÉTALLURGIQUE

EN

ANGLETERRE.

NOTICE

SUR

LE GISEMENT, L'EXPLOITATION ET LE TRAITEMENT

DES MINERAIS D'ÉTAIN ET DE CUIVRE DU CORNOUAILLES.

INTRODUCTION.

Les Iles Britanniques versent dans le commerce plus d'étain et de cuivre qu'aucun autre état de l'Europe. La presqu'île du Cornouailles est le seul point de ces îles où l'on exploite le premier de ces métaux ; c'est également ce comté qui fournit la presque totalité (sept huitièmes environ) du cuivre que produit ce Royaume : aussi ses nombreuses exploitations le mettent-elles au premier rang des contrées de l'Europe qui doivent leur prospérité à la richesse minérale de leur sol.

Les mines de ce pays sont en outre célèbres par la puissance des moyens mécaniques qu'on y emploie. Ces motifs nous ont engagés à y faire une excursion, à la suite d'un voyage dont le but, beaucoup plus étendu, était une reconnaissance des terrains décrits, classés et figurés avec tant de méthode et de précision par les géologues anglais (1).

D'après la grande richesse des mines du Cornouailles, et l'importance dont elles sont pour cette contrée, qu'elles ont élevée au-dessus du rang que lui assignaient son étendue, sa position géographique et la nature de son sol, on doit naturellement s'attendre à voir l'exploitation de ces mines portée à un haut degré de perfection; elles sont en effet très-bien conduites, et les découvertes scientifiques et techniques les plus récentes y sont mises à profit avec intelligence.

Cependant le Cornouailles n'a pas contribué autant que d'autres contrées, moins riches qu'elle en substances exploitables, aux progrès que l'art des mines et les sciences qui s'y rapportent ont faits dans les derniers temps. Cela ne tiendrait-il

(1) M. Brochant-de-Villiers, inspecteur-divisionnaire au Corps royal des Mines, membre de l'Institut, avait été chargé de cette importante mission, dans laquelle nous avons été appelés à le seconder.

pas à ce que les entreprises particulières qui couvrent ce pays n'ont rien de commun les unes avec les autres, et n'ont pas encore donné naissance à ces institutions qui, dans d'autres contrées, sont destinées et servent, en effet, à encourager des travaux dont l'utilité est d'un ordre trop général pour qu'ils portent avec eux leur récompense? Ce vide, au reste, semble devoir bientôt disparaître. Une Société géologique, formée, il y a quelques années, à Penzance, a déjà, par ses travaux, jeté beaucoup de lumière sur la constitution minérale de ce pays, également intéressant pour les sciences et pour l'art des mines; et peut-être verra-t-on bientôt s'y élever une École des Mines digne d'être citée à côté des premières de l'Europe.

Il est difficile, en effet, de trouver une contrée plus apte à recevoir un établissement de ce genre. Il en existe peu où les richesses minérales soient exploitées avec autant d'activité qu'en Cornouailles, et aucune peut-être ne présente, dans une étendue égale, un aussi grand nombre de filons; il est en outre bien rare que les caractères de ces riches dépôts soient développés avec autant de netteté, et qu'ils soient aussi faciles à observer.

Cet avantage, qui rend le Cornouailles une contrée vraiment classique pour ceux qui étu-

dient la géologie et l'art des mines, résulte de sa forme de presqu'île et des contours sinueux de ses côtes escarpées, qui offrent presque par-tout des coupes naturelles du sol. Toutes les fois que ces coupes se trouvent à peu de distance des districts à mines, elles mettent à découvert les filons qui y abondent, et permettant de vérifier et de compléter les observations faites dans les travaux souterrains, elles fournissent de nombreux moyens d'instruction, tant au mineur qu'au géologue.

Nous n'avons pu faire dans le Cornouailles qu'un séjour assez court, et si nous avons réussi, en aussi peu de temps, à visiter les points les plus importans et à nous former des notions assez complètes de l'ensemble pour nous hasarder à les publier, nous le devons aux excellentes directions et à l'extrême complaisance de plusieurs personnes du pays, versées dans la connaissance de son sol et de ses mines. Nous sommes sur-tout infiniment redevables à MM. Carne et Boase de Penzance, dont les obligeantes et précieuses communications nous ont épargné bien des recherches, et ont beaucoup contribué à étendre le cercle de nos idées.

Nous avons aussi tiré de grands secours des mémoires qui sont contenus dans les deux volumes de *Transactions*, publiés par la Société

géologique du Cornouailles (1), et dans celles de la Société géologique de Londres.

L'excellente *Carte géologique* de l'Angleterre, par M. Greenough, nous a également fourni un grand nombre d'indications qui nous ont été de la plus grande utilité pour diriger et coordonner nos observations.

En relisant cette notice après sa première rédaction, nous avons pensé que nos lecteurs sentiraient aussi le besoin de consulter cette carte, pour suivre nos descriptions géologiques et reconnaître la position relative des mines et des districts de mines dont nous parlons; mais comme cette carte est peu répandue en France, nous nous sommes déterminés à joindre à notre travail une copie de l'extrémité Sud-ouest du Cornouailles, qui comprend la partie la plus intéressante du pays que nous décrivons.

C'est la réunion de ces divers matériaux, réunion dont nos propres observations ont été

---

(1) Nous sentons d'autant plus l'obligation de reconnaître ici que nous avons beaucoup profité de ce recueil, qu'ayant souvent réuni ensemble, dans cette notice, des indications extraites de plusieurs mémoires, ou les ayant fondues avec les résultats de nos propres observations, il ne nous a pas toujours été possible de citer les auteurs dont nous avons emprunté ces divers documens.

l'occasion et forment, pour ainsi dire, le cadre, que nous donnons au public, dans l'espérance d'attirer davantage l'attention sur une contrée si digne, à tous égards, de celle des personnes qui s'occupent spécialement de l'art des mines, et dont cependant aucune description de ce genre n'a encore paru.

Division. Nous diviserons cette notice sur le Cornouailles en quatre parties.

Dans la *première,* nous décrirons la constitution minérale du Cornouailles et du Devonshire, qui lui est adjacent, la nature des roches, les phénomènes géologiques qu'on y observe, et les caractères de gisement des minerais métalliques qui y sont exploités.

La *seconde* sera consacrée à faire connaître les différens modes d'exploitation que l'on emploie suivant la nature du gisement.

La *troisième* aura pour objet la description de la *préparation mécanique* que l'on fait subir aux *minerais d'étain,* et leur *traitement métallurgique,* tel qu'il a lieu en Cornouailles.

Enfin, dans la *quatrième,* après avoir indiqué les différens gisemens du cuivre, tant en Angleterre qu'en Écosse et en Irlande, nous ferons connaître les diverses opérations de la *préparation mécanique* et du *traitement métallurgique* des *minerais de cuivre* du Cornouailles, suivant

la méthode pratiquée dans le pays de Galles, où on les transporte au sortir des mines, à cause du bas prix du combustible dans cette dernière contrée.

PREMIÈRE PARTIE.

CONSTITUTION MINÉRALE ET GÎTES DE MINERAIS.

La presqu'île du Cornouailles présente deux terrains différens. L'un, qui occupe principalement son extrémité Sud-ouest, est composé de granite et de roches schisteuses, et doit être rangé dans les terrains primitifs, ou du moins dans les terrains de transition les plus anciens; le second, qui forme le Nord-est du Cornouailles, le Nord du Devonshire et les parties de ces deux comtés qui avoisinent Plymouth, est un terrain de transition, composé principalement de grauwacke et de calcaire esquilleux alternant quelquefois ensemble; il présente beaucoup de points d'analogie avec les terrains de transition de la Bretagne, des Pyrénées et de la Tarentaise.

Les filons métallifères, si nombreux dans cette contrée, ne sont pas indistinctement distribués dans ces deux terrains. Nous avons donc pensé que pour atteindre le but principal que nous

nous sommes proposé dans ce travail, qui est de faire connaître les gîtes des minerais métalliques, il convenait de donner d'abord un aperçu général sur cette partie Sud-ouest de l'Angleterre, et de décrire ensuite avec détail le terrain métallifère proprement dit, ainsi que les différentes manières d'être des métaux. Cette idée nous a conduits à diviser cette partie géologique de notre travail en quatre sections.

Dans la *première*, nous indiquerons la forme et la nature de la partie Sud-ouest de l'Angleterre.

Dans la *seconde*, nous nous occuperons spécialement de la constitution géologique du terrain métallifère, qui est composé de granite et de roches schisteuses.

Dans la *troisième*, nous développerons les rapports géologiques qui existent entre ces deux roches.

Enfin la *quatrième* sera consacrée à la description des différens modes de gisement de l'étain et du cuivre.

I. *Idée générale du sol de la partie Sud-ouest de l'Angleterre.*

Aspect du pays.

§ 1. — La partie de l'Angleterre située entre *Bridge-water*, *Tor-bay* et le cap *Land's-end*,

qui comprend le comté de Cornouailles, la presque totalité de celui de *Devon* et la partie occidentale de celui de *Sommerset*, présente un terrain ondulé, composé de collines arrondies et de petits plateaux que séparent des vallées peu profondes. Son sol, assez ingrat, exposé de toutes parts aux influences de la mer, est peu favorable à l'agriculture et même à la végétation en général. On y voit des étendues considérables sans culture et sans arbres, recouvertes seulement de bruyères, d'ajoncs, de tourbes et, de distance en distance, de pâturages peu productifs. Certains cantons dont la surface est plus inégale et plus élevée au-dessus de la mer que celle des cantons voisins se font sur-tout remarquer par la stérilité de leur sol.

§ 2. — Ces divers districts élevés, composés de granites, forment, comme on le voit sur la carte, des espèces d'îlots disposés à-peu-près sur une ligne droite, qui se dirige de l'Ouest-sud-ouest à l'Est-nord-est, depuis le district du *Land's-end* et même depuis les îles Sorlingues, jusqu'au Dartmoor-forest, et constituent ce qu'on appelle la *chaîne ochrinienne*. Ces montagnes non-seulement dominent les contrées environnantes, mais elles forment encore les sommités les plus élevées de ce pays. Nous en citerons quelques-unes, pour donner une idée de leur hauteur. Montagnes.

		pieds angl.	mètres.
Hens-barrow-down	Cornouailles.	1034	311
Brown-willy	Cornouailles.	1368	411
Kit-hill	Cornouailles.	1067	320
Cowland-hillor Beacon	Devonshire.	1792	530
Em-head	Devonshire.	1131	340
Rippon-tor	Devonshire.	1549	466

Ces sommités ne trouvent de rivales dans cette partie de l'Angleterre que dans les montagnes de grauwacke du Nord du Devonshire, et de l'Est du Sommersetshire, dont plusieurs atteignent de 15 à 1700 pieds et même au-delà.

Granite. § 3. — Les sommets de ces montagnes granitiques sont généralement arrondis, et présentent, sur leurs pentes peu rapides ou au pied de leurs escarpemens, des réunions considérables de blocs de granite, qui font connaître d'avance la nature du terrain. Des fragmens plus ou moins gros de ce même granite sont aussi épars dans le reste de ces cantons, où ils frappent peu la vue, étant à moitié cachés par la bruyère; mais on les voit reparaître dans toutes les portions un peu moins ingrates et qu'on a défrichées, parce qu'alors, pour en débarrasser les champs, on les a transportés à leurs limites et rangés en petits murs, qui leur servent de clôture.

Roches § 4. — Les protubérances granitiques dont

nous venons de parler forment comme autant de noyaux, autour desquels se groupent les roches qui constituent le reste du pays. Chaque protubérance granitique est environnée par une bande de schiste argileux, verdâtre, passant quelquefois au schiste talqueux ou au schiste amphibolique. Les couches de ce schiste plongent dans le même sens que la surface extérieure des masses granitiques, sur laquelle elles paraissent s'appuyer. Ces roches schisteuses constituent des régions plus basses, plus unies et moins incultes. La surface du sol, couverte d'une certaine épaisseur de terre végétale, ne présentant pas de blocs épars, et rarement des rochers saillans, on n'aurait aucune idée de la nature des roches qui le composent, si les escarpemens naturels que présentent les côtes, les bords des rivières, les ravins et les coupures artificielles, ne faisaient connaître que ces roches sont généralement schisteuses. schisteuses —Leurs rapports généraux de position avec le granite.

Les cantons les plus fertiles sont, en général, ceux qui avoisinent la ligne de jonction des roches schisteuses avec le granite, et où la terre végétale est formée des débris mélangés des deux roches.

§ 5. A une distance plus ou moins grande du granite, ces schistes sont recouverts par des grauwackes communes et schisteuses, passant au Grauwacke et calcaire.

schiste argileux, et contenant des couches subordonnées de calcaire. Ces couches constituent, presque à elles seules, le Nord-est du Cornouailles, le Nord du Devonshire, et les parties de ces deux comtés, qui avoisinent Plymouth; elles occupent en outre un espace d'une certaine étendue dans le Midi du Cornouailles, entre *Truro* et *Grampound*, où elles paraissent y être déposées comme dans un bassin. Ces roches, postérieures au véritable killas, s'étendent, au Midi, jusqu'à la mer, et au Nord, jusqu'à Saint-Michel. Quelques lambeaux détachés de ce même système s'observent jusqu'à Podstonet Tintagell-Castle. Dans les environs de ce dernier point, la grauwacke, très-bien caractérisée, contient des impressions végétales. On n'a jamais indiqué ni cuivre ni étain dans la grauwacke. Les grands filons Est et Ouest, sur lesquels sont ouvertes presque toutes les mines du Cornouailles, paraissent se terminer à la hauteur de Truro, vers la limite occidentale du dépôt de grauwacke dont nous parlons. Il paraît, dit M. Carne, « que si, dans quelques points, les filons se prolongent dans la grauwacke, ils se divisent bientôt en petites branches et disparaissent; mais, continue-t-il, on n'a pu reconnaître clairement leur manière de se comporter dans cette circonstance, parce que le passage du vrai

Ni cuivre ni étain dans la grauwacke.

killas à la grauwacke est graduel et insensible.» A la hauteur de Grampound, c'est-à-dire vers la limite occidentale de la grauwacke, on voit les exploitations reparaître en même temps que le killas. En supposant, comme nous venons de le dire ci-dessus, que la grauwacke soit déposée dans un bassin creusé dans le killas, on serait conduit à regarder les filons qui se trouvent à l'Est de Grampound comme le prolongement de ceux qui sont exploités à l'Ouest de Truro, avec lesquels ils correspondent pour la direction.

Quoique la grauwacke soit dépourvue d'étain et de cuivre, elle n'est pas cependant entièrement stérile : il est en effet probable que les mines de plomb de Garras et de Pantin-glaze et que le filon d'antimoine de Huel-boys sont dans cette roche. Plomb et antimoine dans la grauwacke.

§ 6. — Outre les roches que nous venons de citer, il existe aussi dans le Cornouailles des serpentines et des euphotides associées à des roches talqueuses et amphiboliques. Ce système, qui compose la presqu'île à l'extrémité de laquelle se trouve le cap Lizard, n'a présenté jusqu'ici aucun gîte de minerai exploitable. Serpentine et euphotide.

§ 7. — En terminant cet aperçu général de la constitution géologique du Cornouailles, nous ferons remarquer que cette province anglaise présente une foule de rapports avec la Bretagne, tant Analogie avec la Bretagne.

par la nature et les autres caractères de son sol, composé aussi principalement de granite, de roches schisteuses et de grauwacke, que par sa position géographique à l'entrée du détroit de la Manche.

Cette ressemblance existe également dans la sinuosité et la disposition des côtes des deux pays, lesquelles, présentant des havres excellens, ont donné lieu de part et d'autre à l'établissement de plusieurs ports militaires importans, qui ont été pour les contrées environnantes une source de prospérité.

Néanmoins, sous le rapport des avantages dus à la nature du sol, le Cornouailles est bien plus favorisé. Ses nombreuses mines d'étain et de cuivre ont formé des centres d'activité et d'industrie qui manquent à la Bretagne, où l'on n'a jusqu'à présent reconnu que de faibles indices d'une richesse souterraine analogue.

Les travaux des mines, le mouvement qu'elles font naître, interrompent en Cornouailles la monotonie du tableau que présente un pays presque isolé, peu fertile et incomplétement cultivé, et lorsque le voyageur approche des cantons où l'on exploite les mines, il est averti de loin de leur existence par les monceaux de décombres qui couvrent le sol autour des orifices des puits, et

par la fumée des machines à vapeur qui servent à élever les eaux et les matières extraites.

II. *Constitution géologique du terrain métallifère.*

§ 8. — Les dépôts d'étain et de cuivre existent dans le *granite* et dans les *roches schisteuses* qui l'entourent de tous côtés. Le premier de ces métaux se trouve aussi disséminé en stockwerks ou petits filons dans un *porphyre*, lequel forme, lui-même, au milieu des roches schisteuses et du granite, des filons proprement dits, très-puissans, qui coupent quelquefois les filons métallifères, ou dérangent leur allure.

Roches dans lesquelles existent l'étain et le cuivre.

Il en résulte que les mineurs du Cornouailles travaillent toujours soit dans le *granite*, soit dans le *schiste argileux* verdâtre, soit dans le *porphyre*: aussi leur langage technique ne présente que trois noms de roches, qui sont *growan*, *killas* et *elvan*.

§ 9. — Le nom de *growan* est employé pour désigner les roches granitoïdes, soit intactes ou dans leur état naturel de solidité, soit décomposées.

Définition des noms de growan, de killas et d'elvan.

On appelle *killas* toutes les roches schisteuses en général et plus particulièrement le schiste argileux verdâtre, dans lequel sont ouvertes les plus riches exploitations de cuivre et d'étain.

Enfin, le nom d'*elvan* comprend en général les masses étrangères qui se rencontrent dans le granite ou le schiste argileux, et qui dérangent soit les allures des filons, soit même seulement la stratification de la roche. Il a par suite été appliqué à des roches de nature et de gisement très-divers, telles que du granite d'une composition et d'un grain différens de ceux du granite qui les encaisse, et à des masses de roches chloritiques, quarzeuses et quarzo-chloritiques très-dures; mais il se rapporte, dans le plus grand nombre de cas, à des porphyres feldspathiques qui constituent des filons bien prononcés.

Description de l'elvan. Porphyre feldspathique.

§ 10. — La pâte et la plupart des cristaux de ces porphyres sont toujours de feldspath; on y voit aussi très-souvent des grains presque amorphes de quarz hyalin et de petits amas rayonnés, ou des cristaux imparfaits d'amphibole, d'un vert sombre. La pâte feldspathique est ordinairement d'un rouge ou d'un bleu pâle et sale, souvent aussi jaunâtre; mais cette dernière couleur paraît due à la décomposition. Dans certaines parties de ces masses feldspathiques, les cristaux disparaissent et il ne reste qu'un feldspath compacte, rougeâtre, que les minéralogistes anglais appellent *hornstone-porphyry*, et qui paraît en effet se rapporter *au hornstein-porphyr* des minéralogistes de Freyberg.

Nous n'entrerons pas ici dans plus de détails sur l'*elvan*, dont nous aurons occasion de parler plus particulièrement, en décrivant les filons de cette substance qui traversent le granite et le killas. Nous avons voulu seulement donner dès à présent une idée abrégée de ces porphyres, afin de ne pas interrompre ensuite la description des roches de granite et de killas qui forment essentiellement la masse principale du terrain. (Voir § 23.)

Description du granite.

§ 11. — Le granite, qui forme, comme nous l'avons déjà indiqué (§ 3), une suite de groupes de collines situées assez exactement sur une même ligne, dirigées de l'Ouest-sud-ouest à l'Est-nord-est, depuis le cap *Land's-end* jusqu'au Dartmoor-forest, présente peu de variété dans sa composition. Il est en général à gros grains et souvent porphyrique. Le feldspath est généralement d'un blanc sale ou d'un rose pâle ; le quarz, qui est presque transparent, est d'un blanc grisâtre, et le mica passe, par des nuances insensibles, du noir au blanc. La proportion de ces trois élémens est variable, le feldspath domine ordinairement beaucoup; les cristaux de cette substance, qui donnent fréquemment au granite la structure porphyrique, sont souvent très-larges, et présentent une teinte différente de celle des autres parties feldspathiques. Lorsque la roche reste

long-temps exposée à l'air, ces cristaux finissent par s'en détacher par l'effet de la facile décomposition de la masse. Cette décomposition s'opère en effet avec tant de facilité, que les masses granitiques sont toujours décomposées jusqu'à plusieurs mètres de leur surface, excepté dans les parties qui sont journellement baignées par les eaux. On profite de cette circonstance, soit pour y ouvrir des carrières de sable, soit pour y creuser des caves et même des habitations.

Sur plusieurs points, le granite du Cornouailles est extrêmement friable, par une raison indépendante de cette décomposition superficielle, c'est que tout son feldspath se trouve à l'état de kaolin. Cette substance argileuse est exploitée, aux environs de Saint-Austle, pour les fabriques de porcelaine du Staffordshire.

Minéraux accidentels. Tourmaline.

Si l'on fait abstraction des dépôts de minerais métalliques, la tourmaline est presque la seule substance étrangère que le granite du Cornouailles renferme d'une manière un peu abondante, encore est-il très-rare de rencontrer ce minéral dans l'intérieur des masses granitiques. On ne le trouve ordinairement que disséminé ou tapissant des cavités dans les parties du granite qui avoisinent certains petits filons de quarz et de tourmaline, qui le traversent en grand nombre dans certains endroits.

Le granite renferme aussi sur quelques points du Cornouailles des cristaux de pinite. Pinite.

On y a même trouvé quelquefois de l'émeraude. Émeraude.

La présence de ces divers minéraux, jointe à celle du kaolin, forme un point de rapprochement entre le granite du Cornouailles, et celui de certaines parties du centre de la France et de la Normandie; mais on doit sur-tout remarquer la ressemblance du granite ordinaire du Cornouailles avec celui de Cherbourg, qui, comme lui, se trouve en contact avec un schiste talqueux vert. Rapports avec quelques granites de France.

On n'a observé dans le granite du Cornouailles aucune stratification. Quelquefois, à la vérité, il présente une structure tabulaire, dont on voit des exemples remarquables au mont Saint-Michel près Penzance, au Cap-Cornwall, dans les carrières de Saint-Just, etc.; avec un peu d'attention on reconnaît aisément que cette structure n'est pas le résultat d'une stratification du granite, mais d'un fendillement qu'il a éprouvé et qui a été rendu plus sensible par la décomposition : on n'aperçoit cette structure que dans le granite exposé à l'action de l'air; jamais on ne l'observe dans la profondeur ni dans les falaises, où le granite est surmonté par des roches schisteuses. Elle provient aussi fréquemment de la destruction de petits filons qui traversaient le Aucune stratification.

granite (1) : c'est ce qui a lieu, par exemple, dans toute la partie Ouest du mont Saint-Michel, qui est traversée par un très-grand nombre de petits filons verticaux de quarz, lesquels ont été dégradés, jusqu'à une assez grande profondeur, par l'action atmosphérique.

Aucune couche subordonnée, aucun passage.

On ne connaît dans le granite du Cornouailles aucune couche subordonnée proprement dite, et on ne cite qu'un très-petit nombre d'exemples d'alternances entre cette roche et les roches schisteuses qui l'avoisinent, encore est-il très-douteux que ce soient de véritables alternances dans le sens ordinaire de ce mot. On ne connaît

(1) M. C. Prevost a cru remarquer au Land's-end que l'apparence de stratification indiquée par des fissures coïncide avec un changement de structure dans le granite; c'est-à-dire que les lignes de séparation paraissent exister entre du granite à très-gros cristaux de feldspath blanc et du granite à grains fins dont le feldspath est rosé. Cette observation a paru à M. Prevost s'accorder avec ce qu'il avait remarqué en France et dans plusieurs localités du Cotentin, et notamment dans la falaise du port de Dielette. Dans ce dernier endroit, il a distingué au moins sept bancs puissans de granites différens par la structure, la couleur, et le plus ou moins de rapprochement avec le porphyre. Ces bancs sont inclinés sous un angle de 45 à 50° au Nord-ouest, et dirigés du Sud-ouest au Nord-est, direction générale des couches.

pas non plus de point dans lequel on voie un passage minéralogique gradué du granite aux roches schisteuses qui s'appuient sur les flancs des protubérances qu'il forme. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant des phénomènes très-remarquables qui s'observent près du point de contact des roches granitiques et schisteuses. (V. § 13.)

§ 12. — Les roches schisteuses qui constituent le sol de la majeure partie de la contrée que nous décrivons peuvent se diviser, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut (§ 4), en deux classes distinctes ; savoir, (Description du killas.)

1°. Schiste argileux verdâtre, passant au schiste talqueux et au schiste amphibolique, et prenant quelquefois dans ses parties supérieures une texture arénacée, qui en fait une véritable grauwacke. (Deux classes de roches schisteuses en Cornouailles.)

2°. Schiste argileux grisâtre, passant à la grauwacke et alternant avec elle. Il contient des couches subordonnées de calcaire compacte.

Peut-être les roches de la première classe passent-elles à celles de la deuxième, qui paraissent cependant constituer une formation à part et plus récente.

Peut-être aussi ces deux classes de roches sont-elles séparées l'une de l'autre par une série de dépôts calcaires, dont le calcaire esquilleux, amygdalin et souvent un peu translucide de Plymouth, ferait partie.

Quoi qu'il en soit, les schistes et les grauwackes de la deuxième classe ont toujours dans leur cassure quelque chose de terreux qui ne permet pas de les confondre avec les roches analogues de la première. Les schistes argileux verdâtres, qui contiennent la plus grande partie des gîtes de minerai du Cornouailles, sont *le vrai killas des mineurs*, et ce sont les seules roches que nous ayons observées d'une manière assez suivie pour pouvoir espérer d'en donner une description complète.

Variété la plus commune de killas.

La variété la plus commune du *killas* est un schiste argileux, médiocrement dur, assez fissile, à feuillets le plus souvent plans, quelquefois contournés, souvent un peu luisans à la surface. La couleur varie du vert d'herbe clair au gris verdâtre et au gris bleuâtre; quelquefois il passe au schiste talqueux, présente des noyaux de quarz blanc, il rappelle alors le schiste talqueux le plus ordinaire des Alpes; quelquefois aussi il passe à l'amphibole schisteux d'un vert sombre. En outre, il présente, sur divers points, des masses d'un grunstein tantôt grenu, tantôt compacte, qui paraît y former des amas.

Variétés accidentelles.

En approchant des masses granitiques sur lesquelles il s'appuie, et vers lesquelles ses couches se relèvent, le schiste argileux devient généralement plus dur, moins fissile et beaucoup

plus tenace. Il présente alors des variétés nombreuses, qui paraissent être des passages soit à l'amphibole schisteux, soit à une roche feldspathique, tantôt compacte, tantôt schisteuse et micacée, soit même à une espèce de gneiss.

III. *Rapports géologiques entre le granite et le killas.*

§ 13.— Le killas enveloppe presque de toutes parts les protubérances granitiques, dont il n'est jamais séparé par aucune autre formation. On n'observe pas entre ces roches, comme dans plusieurs pays, et notamment en Saxe, un passage par dégradations insensibles. Ce passage, qui a lieu au moyen du gneiss et du mica-schiste, roches qui participent à-la-fois de la structure du granite et du schiste argileux, lie ensemble les membres extrêmes des terrains primitifs. Outre cette relation, on voit encore dans ces contrées les roches contiguës alterner entre elles, circonstance qui porte à conclure que leur origine est due au même ordre de causes, et qu'il n'y a pas eu de changemens brusques entre la formation d'aucune d'entre elles.

Aucun passage, ou dégradation insensible d'une à l'autre roche.

Le granite et le killas du Cornouailles ne présentent jamais le premier caractère de contemporanéité, et que très-rarement le second, si

Alternative très-rares.

toutefois il existe dans ce pays. En effet, on ne cite qu'un ou deux exemples de l'alternative de ces deux roches, encore ne paraissent-ils pas très-bien constatés. Cette espèce d'indépendance du granite et du killas a fait supposer à plusieurs géologues qu'il s'est écoulé un laps de temps considérable entre leur formation: quelques-uns ont admis que le killas, déposé depuis long-temps en couches horizontales, a été soulevé par le granite qui est sorti des entrailles de la terre. Certains phénomènes que présentent ces terrains dont les principaux sont la disposition du killas, qui s'appuie de tous côtés sur le granite, et l'existence des filons de granite qui traversent le killas et semblent se fondre dans la masse du granite, ont été invoqués par les Huttoniens comme des preuves irrécusables de cette hypothèse.

Nous nous contentons de faire mention ici de ces idées systématiques, dont la discussion nous entraînerait hors de notre objet; et laissant de côté toute espèce d'induction théorique, nous nous bornerons à exposer succinctement les différens rapports qui existent entre le killas et le granite.

Killas toujours superposé au granite.

§ 14. — Sur tous les points où la disposition du terrain permet de voir le granite et le killas dans un petit espace, on remarque que ce dernier occupe toujours la partie supérieu-

re (1). Les côtes qui bordent le Cornouailles nous offrent de nombreux exemples de cette superposition (2); mais c'est sur-tout dans les mines que ce phénomène est développé d'une manière frappante. Les principales dans lesquelles on l'observe sont les mines de *Poldice*, *Huel-unity*, *Huel-Alfred*, *Huel-gorland*, *Treskerby*, *Dolcoath*, *Cook's-Kitchen*, etc. Dans ces mines, les travaux ont découvert, sur une longueur de plus de 200 mètres, la ligne de jonction du granite et du killas. On

Caractères de leur jonction.

(1) Au nord de Saint-Austle, on voit, dans un ravin, le contact du killas et du granite dans une circonstance remarquable, mais qui n'est pas en contradiction avec ce que nous venons de dire plus haut. Ces deux roches sont séparées par un plan à-peu-près vertical et dirigé de l'Est à l'Ouest. Au midi de ce plan, le sol est entièrement formé de killas, dont les feuillets, dirigés de l'Est à l'Ouest, plongent légèrement au Nord, et sont coupés nettement par la surface du granite, dans le voisinage duquel leur dureté augmente et leur fissilité diminue. Au nord du même plan, le terrain est entièrement formé de granite, qui constitue une colline considérable et paraît s'étendre à une grande distance. Dans tout ce canton, le killas devient dur, presque compacte, et offre souvent des contournemens remarquables lorsqu'on approche de la ligne qui le sépare du granite. Ces faits nous auraient probablement échappé, sans l'obligeance de M. Smith, savant géologue bavarois, qu'un hasard heureux nous fit rencontrer à Saint-Austle.

(2) M. C. Prevost a eu la complaisance de nous trans-

n'y observe aucun bouleversement d'une grande étendue; le killas, seulement, paraît avoir plus de solidité à son point de contact avec le granite, où ces deux roches, suivant l'expression des mineurs, sont entrelacées sur une épaisseur de plusieurs toises. Les filons exploités dans le schiste ont été poursuivis dans le granite, sans que leur puissance, leur richesse et leur composition aient éprouvé aucune altération en passant d'une roche dans l'autre. Cette circonstance très-remarquable prouve, d'une manière certaine, que si le granite est postérieur au killas, sa formation est antérieure à celle des filons, qui elle-même remonte à une époque très-reculée dans l'âge des terrains.

Les filons se prolongent du killas dans le granite.

L'alternative, rare à la vérité, qui existe entre les parties extrêmes des formations de granite et de killas, si elle est bien constatée, semblerait

---

mettre la note suivante : A White-sand-bay, on voit, à marée basse, la jonction de la roche schisteuse amphibolique avec le granite. Celui-ci compose la falaise, et s'avance sur la plage ; la roche amphibolique est le prolongement des roches de Saint-Just dans la mer. Au point de contact, les deux roches se pénètrent. J'ai vu la même disposition, les mêmes accidens au cap de *Roesel*, dans le Cotentin. Il y a identité jusque dans la direction de la ligne de jonction des deux roches ; cette ligne court du Sud-ouest au Nord-est.

nous indiquer que ces deux formations sont presque contemporaines. C'est sur-tout dans la mine appelée *Cooks'-Kitchen* (1) qu'on a observé ce phénomène. « Le granite s'étend à la profondeur de 30 mètres (15 fath.) (2) de la surface au côté sud du filon, et recouvre le killas, qui forme une couche de 76 mètres (38 fath.) d'épaisseur, à laquelle succède une couche de granite de 6 mètres (3 fath.) de puissance. Il existe encore une couche de killas, puis le granite forme la masse du terrain dans lequel le filon est exploité. » Cet exemple remarquable d'alternative ne paraît pas se prolonger sur une grande étendue, puisqu'elle n'est pas indiquée dans les mines voisines. Les partisans de la théorie de Hutton ont pensé que peut-être cette alternative n'était qu'apparente, et qu'elle n'était que le résultat de masses de granite qui auraient rempli des cavités existant dans le killas.

Exemple de l'alternation du granite et du killas.

§ 15. — L'intérieur des masses de granite et de killas renferme peu de minéraux étrangers; mais

Grande variété de minéraux près de la jonction des deux roches.

(1) Extrait d'un mémoire de M. John Hawkins, inséré dans le deuxième volume des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

(2) Afin d'avoir des mesures en nombres ronds, nous avons supposé que le fathom équivalait à 2 mètres, quoique sa longueur soit seulement de 1m,848.

il existe une grande variété d'espèces minérales sur la limite de ces roches, et sur-tout dans les parties qui, par leur altération, annoncent le voisinage de masses d'une autre nature. Ces minéraux sont rarement disséminés dans la roche; ils s'y trouvent en veines, en amas, en petits filons et même en véritables filons. C'est près de la ligne de jonction des deux terrains que l'on observe tous les stockwerks, les amas et la plupart des filons stannifères. Ces derniers se prolongent souvent de l'une des deux roches dans l'autre. C'est aussi près de cette ligne que se trouvent les localités du Cornouailles les plus célèbres par le nombre des variétés minérales qu'elles ont fournies, telles, par exemple, que la paroisse de Saint-Just.

Petits filons et amas pierreux dans le granite au voisinage du killas.

On observe souvent dans le granite, près de sa jonction avec le killas, un grand nombre de petits filons dont la masse est formée de quarz et de tourmaline (*shorl-rock* des Anglais). Ces petits filons et le granite qui les encaisse présentent souvent une ligne nettement tranchée; mais souvent aussi les deux roches semblent se fondre et passer de l'une à l'autre; quelquefois ce shorl-rock atteint une puissance considérable et paraît constituer de véritables amas au milieu du granite. Ces amas sont, dans quelques cas, stannifères, ainsi que nous aurons occasion de le dire plus bas.

§ 16. — Les parties du granite qui avoisinent le killas contiennent aussi de petits filons de quarz et de tourmaline souvent plus ou moins stannifères, quelquefois assez nombreux pour former des stockwerks exploitables; enfin, les parties du granite voisines du killas présentent sur quelques points, comme au mont Saint-Michel, près de Penzance, de petits filons ou filons de quarz qui contiennent à-la-fois de la tourmaline, du wolfram, de l'étain oxidé, des topazes, de la chaux phosphatée et quelques minerais de cuivre.

Petits filons stannifères et pierreux dans le granite aux approches du killas.

Les petits filons de quarz et de tourmaline, et les petits filons stannifères ne se trouvent pas exclusivement dans le granite; il en existe aussi un très-grand nombre dans les parties du killas qui avoisinent le granite, ils y sont accompagnés de veines, d'amas et même de couches des mêmes substances. Nous donnerons plus bas des détails plus circonstanciés sur ce sujet, en parlant des gîtes de minerais. (V. § 20.)

§ 17. — On trouve en outre dans les mêmes parties du killas beaucoup de petits filons, de veines et d'amas de quarz, de feldspath, de mica, de chlorite, d'actinote, de grenat, d'axinite, d'asbeste, de prehnite, d'épidote, de topaze et d'autres minéraux, qui sont généralement rares dans les autres parties de ce terrain. Ces minéraux sont

Petits filons analogues dans le killas aux approches du granite.

quelquefois réunis plusieurs ensemble et accompagnés d'étain oxidé. L'un des exemples les plus remarquables de ces singulières agglomérations de minéraux est le rocher dans lequel est creusé le puits de descente de la mine de Bottalack, située près du cap Cornwall. Ce rocher, appelé *Crown-Rock*, est principalement formé de quarz, de tourmaline, d'amphibole, de grenat et d'axinite compacte. Ces différens minéraux forment des veines, ayant de quelques lignes à quelques pouces de puissance, qui alternent ensemble, et paraissent constituer un amas dans le killas, qui est ici amphibolique.

Filons stannifères plus abondans dans le voisinage de ces amas pierreux.

Quoique les grands filons d'étain paraissent indépendans des gîtes de minéraux que nous venons de citer, il est remarquable que les cantons où ces minéraux sont les plus abondans sont en même temps les plus riches en filons stannifères.

Inductions théoriques tirées de l'existence des veines, etc., pierreuses à-la-fois dans le granite et dans le killas.

Plusieurs des petits filons, des amas et des veines que nous venons d'indiquer, se trouvent indifféremment dans le granite et le killas; et comme, d'après leurs caractères, ils paraissent s'être formés à une époque où les roches dans lesquelles on les observe n'avaient pas encore le degré de consistance qu'elles présentent aujourd'hui, plusieurs géologues se croient autorisés à penser que si le granite est postérieur au killas, ainsi que quelques personnes l'ont avancé, les

causes qui l'ont produit ont agi à une époque très-peu différente de celle où le killas a été déposé.

§ 18. — Dans plusieurs localités du Cornouailles on observe de petits filons de granite (1) qui traversent le killas, et qui coupent même des filons de quarz existant dans ce killas. La présence de ces petits filons, qui, pour la plupart, paraissent appartenir à la masse du granite, dans laquelle ils se fondent, semble, au premier abord, mener à une conclusion différente. En effet, si ces masses granitiques étaient de véritables filons, et si elles appartenaient réellement au corps du granite, on serait conduit à conclure que cette roche non-seulement serait postérieure au killas, mais qu'elle le serait même aux filons quarzeux.

Petits filons de granite dans le killas.

Ces petits filons de granite sont très-nombreux; on en a déjà observé dans quatorze localités différentes du Cornouailles (2) : les deux exemples

(1) Nous nous servons de l'expression de *petits filons*, le granite ne formant pas de véritables *filons*.

(2) Ce phénomène géologique n'est pas particulier au Cornouailles; divers géologues ont cité de pareils filons, qui se trouvent sur plusieurs points de l'Écosse et de l'Allemagne. Dernièrement, M. Boué, dans un mémoire fort intéressant sur la géologie du Sud-ouest de la France, inséré dans les *Annales des sciences naturelles*, a indiqué que ces filons granitiques sont abondamment répandus dans les Pyrénées, et la description qu'il donne de ceux qui existent dans la vallée de Lacour, de Cierp et de Loucrup, se rapporte exactement

les plus remarquables sont ceux que l'on voit à un mille Est de Trewavas-Head, paroisse de Breage, et au mont Saint-Michel. Nous allons indiquer ces deux exemples, parce qu'ils présentent des circonstances différentes.

Petits filons de Trewavas.

Les petits filons de *Trewavas* sont les plus puissans; ils sont également les plus réguliers : on les voit se dessiner en blanc sur l'escarpement vertical que forme le killas sur cette côte. Ils sont presque verticaux; quelques-uns ont 8 pieds de puissance : leur direction est à-peu-près Nord et Sud; ils plongent rapidement vers l'Est. Plusieurs de ces petits filons se réunissent à leur partie supérieure, et paraissent se fondre dans une masse de granite d'une épaisseur de 40 pieds, qui repose horizontalement sur le schiste. La difficulté de gravir ce rocher couvert de bruyère a empêché de constater la relation de ce granite avec les filons; mais

---

avec les caractères des petits filons de granite du Cornouailles, à l'exception que, dans cette dernière localité, les petits filons sont dans un schiste argileux, tandis que dans les Pyrénées ils traversent du gneiss et du micaschiste. M. Constant Prevost en avait également observé de très-remarquables sur la côte occidentale du département de la Manche, et dans le dernier voyage que cet habile observateur a fait dans le midi de l'Angleterre, il a été frappé de l'analogie qui existe entre les filons du mont Saint-Michel et ceux qu'il avait vus plusieurs années auparavant dans le Cotentin.

il est probable que ce granite est le résultat de leur réunion.

Quelques-uns de ces petits filons renferment des fragmens de schiste (1) : ils contiennent tous une grande quantité de quarz et très-peu de mica.

Le *mont Saint-Michel*, situé dans l'anse formée par la baie de Penzance, est élevé à-peu-près de 230 pieds au-dessus de la mer; sa base peut avoir un mille de circonférence ; il est composé de granite, à l'exception de quelques lambeaux de roche schisteuse, qui reposent sur sa base au Nord, au Nord-est, et sur une partie de sa pente au Nord-ouest. Cette roche schisteuse contient dans quelques parties beaucoup de mica, et ressemble au mica-schiste ou au gneiss : elle plonge vers le Nord et vers le Nord-est, sous un angle de 20° avec l'horizon, de façon qu'elle paraît s'appuyer de tous côtés sur le granite. Petits filons du mont Saint Michel.

La superposition du killas sur le granite est distincte en quelques points; dans d'autres au contraire, ces roches sont tellement entrelacées, qu'il est impossible de dire à laquelle certains blocs appartiennent. A la jonction avec le granite, qui a lieu sur le rivage, au Nord-ouest et au Nord-est du mont, on voit le killas traversé par des

(1) Les petits filons de granite du Cotentin présentent exactement les mêmes circonstances.

filons de granite, et le granite lui-même contenir des fragmens (*patches*) de schistes. Ces petits filons ont peu de largeur, la plupart n'excèdent pas 8 à 10 pouces; ils courent parallèlement les uns aux autres, et sont verticaux : en suivant ces filons, on les voit se perdre dans le granite, duquel on peut supposer que ce sont les embranchemens. Cependant la composition du granite des filons ne paraît pas exactement la même que celui de la masse; il est à grains plus fins, contient une très-grande quantité de quarz, très-peu de mica, et souvent même il en est entièrement privé. Cette différence dans la composition varie, au reste, avec la puissance des filons. Elle est moins grande quand les filons sont plus épais et qu'ils sont rapprochés de la masse du granite, dans laquelle ils se fondent par un passage insensible. Il paraît difficile d'expliquer cette différence, si on suppose que les filons de granite que l'on observe dans le schiste ne sont autre chose que des arêtes granitiques qui n'ont pas été détruites, et autour desquelles le schiste s'est déposé.

Filons de quarz dans le killas et le granite au mont Saint-Michel.

Outre ces petits filons de granite, il existe différens filons de quarz qui coupent les feuillets du schiste, et dont quelques-uns se prolongent également dans le granite; mais les uns sont coupés et rejetés par les filons de granite, tandis que les autres coupent et rejettent les premiers filons de

quarz et ceux de granite. Ces filons de quarz sont très-petits : ils ont 2 à 3 pouces de puissance, jamais plus de 5; ils sont peu distans les uns des autres et également verticaux.

Quelquefois, mais rarement, la ligne de division entre ces filons de quarz et la roche est très-distincte; plus souvent elle est difficile à apercevoir. La partie extérieure de ces filons est un quarz grisâtre, compacte, contenant une assez grande quantité de tourmaline : dans plusieurs autres filons, la proportion de tourmaline est assez grande pour les assimiler aux veines de *Shorl-Rock*, et dans la plupart d'entre eux, cette substance est en assez grande quantité pour donner une couleur noire à leur surface extérieure. Cette abondance de tourmaline est plus grande sur les parois qu'au centre, cette dernière partie étant généralement du quarz pur cristallisé. Dans la plupart des filons, il y a au centre une fissure qui les sépare en deux parties, et dans laquelle il existe des cristaux de quarz. On trouve aussi dans ces cavités une grande quantité d'autres substances cristallisées, de la topaze, de l'étain oxidé, du mica, de l'apatite, de l'émeraude, du wolfram, de l'argent rouge, etc.

D'après la position régulière et verticale de ces filons de quarz, le granite du mont Saint-Michel présente une structure veinée analogue à des

couches verticales de granite. Ce caractère se représente dans plusieurs localités, où la masse principale du granite est en contact avec le schiste, principalement à Polmear, dans la paroisse de Zennor, et dans les environs de Logan-Rock. Ces filons de quarz ont beaucoup d'analogie avec les veines de *Shorl-Rock*, dont nous avons parlé plus haut, et il serait possible que les uns et les autres eussent été formés dans les mêmes circonstances.

mpossibilité d'assigner ctuellement 'origine de ces petits filons de granite.

L'âge relatif de ces filons de granite est un sujet de discussion parmi les géologues. Ils ont été souvent cités à l'appui de systèmes opposés; mais plus on examine cette question, plus il est difficile, quant à présent, de former aucune théorie; car ces filons se présentent avec des circonstances si diverses, qu'une supposition qui s'accorde avec la disposition de quelques-uns n'est plus applicable à d'autres.

Résumé sur ces petits filons de granite.

On peut résumer les différens caractères que les petits filons de granite présentent, ainsi qu'il suit:

1°. Ils existent seulement à la jonction ou près de la jonction du granite et du schiste (1).

2°. Ils ne sont pas métallifères.

3°. Ils ne présentent ni direction ni position

(1) Extrait d'un mémoire de M. Carne, deuxième volume des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

constantes : ils se dirigent tantôt de l'Est à l'Ouest, de l'Ouest-nord-ouest à l'Est-sud-est et du Nord au Sud ; quelquefois même ils affectent dans une même localité toutes ces directions à-la-fois.

4°. Leurs parois et leur direction sont en général aussi droites et aussi régulières que celles de véritables filons, mais ils n'ont pas de directions constantes ; souvent ils s'amincissent en s'éloignant du granite.

5°. Leur longueur n'a jamais été reconnue.

6°. Le granite des filons est à grains plus fins, et contient plus de quarz et moins de mica que le granite proprement dit ; quelquefois même ce dernier élément manque entièrement.

7°. Le killas, à l'approche des petits filons de granite, est plus dur et moins fissile.

8°. Dans plusieurs localités, notamment au mont Saint-Michel, les petits filons de granite paraissent se réunir dans la masse granitique, avec laquelle ils se confondent et perdent alors entièrement les caractères de filons. On ne cite, au contraire, qu'un seul exemple où (à Carn-Silver) le filon granitique coupe également le schiste argileux et le granite ; mais il y a beaucoup d'autres cas où on n'a pu constater les rapports entre le granite et les petits filons, parce que leur point de jonction est inaccessible.

9°. Quelquefois les petits filons paraissent inti-

mement liés avec le schiste et lui être contemporains; d'autres fois, au contraire, ils présentent des parois aussi distinctes que les véritables filons.

10°. Dans quelques localités (notamment au mont Saint-Michel), le killas est traversé par des filons de quarz, qui sont eux-mêmes coupés par les filons de granite, tandis que d'autres filons de quarz, au contraire, coupent les filons de quarz et ceux de granite.

11°. Dans la plupart des localités, le schiste repose sur le granite sans aucune dislocation, et ces deux roches sont même entrelacées sur une certaine épaisseur.

IV. *Modes de gisement des divers minerais d'étain et de cuivre.*

Indication des divers gisemens.

§ 19. — On exploite en Cornouailles des minerais d'étain, de cuivre, d'arsenic, de plomb et même d'argent.

Les minerais d'étain se rencontrent : 1°. en petites couches ou veines, ou en amas; 2°. en *stockwerks* ou réunions de petits filons épars dans la roche; 3°. en filons; 4°. disséminés dans les dépôts d'alluvion.

Les minerais des autres métaux ne se trouvent qu'en filons; on cite cependant une mine dans laquelle on exploite des pyrites cuivreuses, qui paraissent être en *petits filons ou stockwerks* dans l'elvan.

Veines ou amas stannifères (tin-floors).

§ 20. — Les veines ou amas stannifères sont de petites couches minces ou amas aplatis de minerais, de peu d'étendue, mais quelquefois assez multipliés, qui se trouvent interposés entre les couches de certaines roches et parallèlement à ces couches. Les mineurs anglais distinguent généralement ce mode de gisement sous le nom de *floors*, et lorsqu'ils y rencontrent de l'étain sous celui de *tin-floors*. On verra plus bas, § 21, qu'ils donnent également ce nom à de véritables stockwerks.

On connaît plusieurs de ces veines stannifères dans les parties du killas qui avoisinent le granite : il paraît qu'il en existe un grand nombre dans la bande étroite de killas, qui, s'appuyant sur le granite et plongeant vers la mer, forme le rivage depuis le cap Cornwall jusqu'à Saint-Yves. Dans la mine appelée *Grill's-bunny*, près Saint-Just, on voit un de ces *tin-floors*, formé de la réunion de petites veines, qui alternent avec le schiste amphibolique ocreux, sur une hauteur de 20 mètres. Ces veines plongent de 30° vers le nord; elles ont été exploitées jusqu'à environ 80 mètres suivant leur pente, et à-peu-près sur la même étendue, suivant leur direction. Près de ces *floors* d'étain, on a observé des *floors* de tourma-

line (*cockle*) d'une puissance variable, et alternant avec du schiste amphibolique (*ironstone*) (1). L'étain se trouve généralement au-dessous d'eux; ils plongent également vers le Nord; on a découvert dans ces *floors* la présence de l'axinite.

Dans la mine de Bottalack, on a trouvé un *tin-floor* dans le killas à 72 mètres (36 fath.) au-dessous du niveau de la mer; il a environ 1 pied et demi d'épaisseur, et occupe l'espace compris entre un filon principal et une ramification de ce filon; mais on n'aperçoit aucune liaison entre le *floor* et le filon.

On cite encore dans ce canton d'autres gisemens d'étain, qui sont en connexion avec les filons : on en connaît d'analogues à la jonction du killas et du granite; on trouve même dans cette dernière roche des dépôts stannifères différens des filons, et souvent sans liaison avec eux, auxquels les mineurs appliquent également le nom de *floors*, mais qui peut-être ne sont pas entièrement analogues à ceux que renferme le killas.

C'est à tort qu'on a regardé les tin-floors comme des réunions de plusieurs filons.

Beaucoup de personnes ont pensé que les *tin-*

(1) Les mineurs du Cornouailles donnent le nom d'*ironstone* (pierre de fer) aux roches amphiboliques, à cause de leur dureté; tandis que, dans les comtés où il existe un grand nombre d'usines à fer, le mot *ironstone* signifie minerai de fer.

floors du Cornouailles, particulièrement ceux qui se trouvent dans le killas, proviennent de la réunion de plusieurs filons, ou de l'élargissement d'un seul, ou enfin qu'ils n'en sont que des ramifications ou des appendices. Il est possible que ces conjectures soient vraies pour quelques-uns de ces *tin-floors;* mais quand il existe plusieurs *floors* parallèles entre eux et avec la roche, séparés par des bancs réguliers de killas, et sans connexion apparente avec aucun filon évident, il devient assez difficile de leur appliquer aucune de ces suppositions; on est réduit à les ranger, quant à présent, dans la classe des gîtes contemporains.

Stockwerks ou réunions de petits filons stannifères.

§ 21. — Ils se trouvent dans le granite et dans le porphyre feldspathique appelé *elvan*. Les mineurs anglais ont également donné le nom de *tin-floor* à ce mode de gisement de l'étain.

Des stockwerks stannifères; ils sont dans le granite et dans l'elvan.

Parmi ceux que renferme le granite, on remarque principalement celui sur lequel est ouverte la mine d'étain de *Carclase*, près Saint-Austle. L'exploitation est à ciel ouvert; elle laisse voir un granite friable, dont le feldspath est à l'état de kaolin, et qui est traversé par un grand nombre de petits filons composés de tourmaline,

Stockwerks stannifères dans le granite. (Mine de Carclase.)

de quarz et d'un peu d'oxide d'étain, qui se dessinent en noir sur la surface blanchâtre du granite. Ces petits filons se rapportent à deux systèmes principaux : les uns, dirigés à-peu-près de l'Est à l'Ouest, s'éloignent peu de la verticale; les autres, dont la direction est sensiblement la même que celle des premiers, plongent vers le Sud en faisant avec l'horizon un angle d'environ 70° ; d'autres petits filons moins nombreux que les précédens traversent le granite dans diverses directions. Tous ces petits filons paraissent être contemporains; car ils se fondent les uns dans les autres aux points où ils se rencontrent. Un grand nombre d'entre eux présentent, vers leur milieu, une fente qui contient des cristaux de tourmaline et quelquefois du talc verdâtre; les parois de la fente sont principalement formées d'un mélange de tourmaline amorphe et de quarz contenant des grains assez informes de talc verdâtre. Quand la fente manque, le milieu du petit filon est de cette nature : de part et d'autre du milieu du petit filon, la proportion de la tourmaline diminue, et on aperçoit les élémens du granite, qui ne paraissent plus agglutinés que par du quarz; plus loin encore, le granite est friable, et rien ne le distingue plus du reste de la masse qui sépare deux petits filons voisins. La puissance de ces petits filons, y compris le granite solidifié qui y

adhère, n'excède jamais six pouces et est souvent beaucoup moindre: toute cette masse est parsemée de petits cristaux d'un brun rougeâtre et un peu transparens d'étain oxidé. Nous avons remarqué des fragmens de ces petits filons stannifères épars sur la surface du sol, à une assez grande distance à l'Ouest de cette mine, ce qui prouve que le gîte s'étend dans cette direction; vers le Midi, au contraire, il se termine à peu de distance; car en descendant de ce côté vers la mer, on se trouve en très-peu de temps sur le killas, qui, comme cela arrive en général dans le voisinage du granite, présente une assez grande dureté : nous en avons remarqué des fragmens très-durs, peu fissiles, presque compactes et qui présentaient des contournemens très-brusques et très-compliqués.

Autres petits stockwerks stannifères dans le granite.

On connaît plusieurs autres stockwerks stannifères d'une étendue beaucoup moins considérable dans le granite qui supporte immédiatement le killas dans la paroisse de Saint-Just; on les exploite concurremment avec des filons qui les avoisinent et dont l'exploitation a conduit à les découvrir; ils reçoivent souvent des ouvriers le nom de *tin-floors*.

Gisement de l'étain xyloïde (*wood-tin*).

L'oxide d'étain concrétionné (*wood-tin*, étain xyloïde, étain de bois) paraît, d'après M. Magendie, se trouver dans des gisemens analogues:

on sait qu'il se trouve le plus souvent roulé dans les alluvions d'étain.

Ces petits filons de quarz et de tourmaline, mêlés de minerai d'étain, paraissent être assez nombreux dans le Cornouailles; mais on ne cite que le stockwerk de Carclase où l'oxide d'étain ait été trouvé disséminé en assez grande proportion pour permettre de l'exploiter avec bénéfice.

Stockwerks stannifères dans l'elvan.

Il existe, au contraire, un assez grand nombre de mines dans lesquelles le minerai d'étain se trouve en petits filons épars dans l'elvan; de ce nombre était la mine de Wherry, aujourd'hui abandonnée, ouverte sur le rivage entre Penzance et Newlin. Le gîte consistait en une infinité de petites veinules stannifères, disséminées dans un filon d'elvan de plusieurs mètres de puissance, qui traverse le killas.

Mine de Wherry.

La mine de Trewidden-ball, dans la paroisse de Madron, est un exemple remarquable du même genre de gisement (1): le terrain dans lequel l'exploitation est ouverte consiste en masses aplaties d'elvan, séparées par des couches de killas, qui plongent vers l'Est-nord-est, sous un angle considérable. C'est dans ces masses d'elvan que le minerai d'étain se rencontre en petits filons,

Mine de Trewidden-ball.

(1) Extrait d'un Mémoire de M. Hawkins, 2e. vol. des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

dont la puissance varie depuis un demi-pouce jusqu'à 8 ou 9 pouces, et qui sont si irréguliers et si interrompus, qu'il est difficile de déterminer, soit leur direction, soit leur inclinaison.

Ces petits filons paraissent fréquemment diverger d'une masse centrale, comme les racines d'un arbre divergent de son tronc; le minerai d'étain qu'on y trouve est en masses très-solides et assez étendues : sa gangue est en général plus ou moins quarzeuse; quelquefois, quoique rarement, il est mélangé de tourmaline en masse (cockle). C'est précisément cette variété d'étain oxidé qu'on trouve à Roche et à Saint-Denis, et qui se distingue par la cristallisation colonnaire; sa pesanteur spécifique et sa teneur en étain sont moindres que celles d'aucun autre minerai d'étain.

Les masses d'elvan dans lesquelles ces petits filons se trouvent ont, chacune, de 2 à 3 pieds de puissance. Le porphyre qui les compose est blanc, et reçoit en ce lieu le nom de *tin-mother*, MATRICE DE L'ÉTAIN ; à mesure qu'elles descendent, elles paraissent se rapprocher les unes des autres, et les couches de killas deviennent plus minces; les dernières sont même quelquefois terminées en forme de coin, par la réunion de deux masses d'elvan; circonstance qui fait espérer que plus bas les différentes masses d'elvan seront réunies, et qu'elles ne formeront qu'un seul massif, qui présen-

tera à-la-fois tous les petits filons ou *floors* d'étain.

Divers filons coupent ces floors stannifères : un d'eux, appelé *tangy-course*, composé de quarz et variant de $\frac{1}{4}$ de pouce à 8 pouces de puissance, court du Nord-ouest au Sud-est, en traversant les *tin-floors* et les enrichissant. Quelques autres filons peu puissans de quarz courent dans ces *floors* et les enrichissent ordinairement : deux d'entre eux, appelés *orchard-courses*, courent à-peu-près Est et Ouest; il y a en outre quelques filons peu considérables de tourmaline (cockle), qui coupent les *tin-floors* et plongent vers le Sud de 30 à 40°.

Des filons du Cornouailles en général.

Position géographique des filons du Cornouailles.

§ 22.—Les filons métallifères ne sont pas également répandus sur la surface du Cornouailles et de la partie du Devonshire, dont nous faisons connaître la constitution géologique; ils sont groupés dans trois cantons, savoir :

1°. Dans la partie Sud-ouest du Cornouailles, au-delà de Truro;

2°. Aux environs de Saint-Austle;

3°. Aux environs de Tavistock, en Devonshire.

Le premier de ces groupes est le plus riche en exploitations; c'est aussi celui qui a été le plus étudié, et presque tout ce que nous dirons

sur les filons du Cornouailles se rapportera plus particulièrement à ceux de ce canton.

Les mines d'étain et de cuivre n'y sont pas indifféremment distribuées : les premières se trouvent en plus grand nombre à son extrémité Sud-ouest, dans la paroisse de Saint-Just, près du cap Cornwall, tandis que les mines de cuivre sont groupées principalement aux environs de Redruth, situé près de l'extrémité Est de ce district.

La position de ces deux genres de mines est en rapport avec la constitution géologique du pays. Le canton qui abonde le plus en mines d'étain est principalement granitique, et celui des mines de cuivre est formé de killas, comme on peut le voir sur la carte : ainsi l'observation de la position des mines indique que l'étain a plus de relation avec le granite que le cuivre n'en a avec cette roche. Au reste, il ne faut pas prendre ces rapprochemens d'une manière absolue; ils sont sur-tout exacts, si nous considérons le nombre des filons et non leur richesse : ainsi les filons d'étain, très-nombreux dans le granite, le sont moins dans le killas; mais la plupart de ceux exploités dans cette roche, comme dans les environs de Breage, de Helston, de Camborne et de Saint-Agnès, sont riches, et donnent naissance à des exploitations importantes.

Les filons de cuivre, au contraire, sont abon-

dans dans le killas et très-rares dans le granite, quoiqu'ils en soient toujours très-rapprochés, et paraissent être, ainsi que ceux d'étain, près de la jonction de ces deux formations, situation pour laquelle les gîtes d'étain et de cuivre paraissent avoir une sorte d'affinité.

Le Cornouailles est traversé par plusieurs systèmes de filons métallifères et pierreux. Leurs directions à-peu-près uniformes semblent nous indiquer que la force qui a produit ces fentes a dû agir à des époques différentes, mais, à très-peu d'exceptions près, dans une direction constante.

Les rejets qu'éprouvent les différens systèmes de filons par leurs rencontres réciproques nous font connaître leur âge relatif : leur composition est également, en Cornouailles, un caractère qu'on peut employer pour assigner leur ancienneté; car, par exemple, les filons dont la gangue est composée de quarz et autres minéraux durs sont plus anciens que les filons à salebandes argileuses.

Outre ces filons métallifères, il existe certains filons pierreux, comme ceux d'elvan et ceux d'argile, qui, étant intimement liés avec les premiers, doivent être décrits avec eux.

Nous classerons ces différens filons dans l'ordre suivant :

Différentes natures de filons.

1°. *Filons d'elvan* (ELVAN-COURSES, *ou* ELVAN-CHANNELS);

2°. *Filons d'étain* (TIN-LODES) (1);

3°. *Filons de cuivre qui se dirigent Est et Ouest* (EAST AND EST COPPER-LODES);

4°. *Deuxième système des filons de cuivre* (CONTRA COPPER-LODES);

5°. *Filons croiseurs* (CROSS-COURSES);

6°. *Filons de cuivre les plus modernes* (MORE RECENT COPPER-LODES);

7°. *Filons argileux.* Il y en a deux systèmes : les plus anciens sont appelés CROSS-FLUCKANS, et les plus modernes SLIDES.

Filons d'elvan et de porphyre. Leur composition en général.

§ 23. Le killas et même le granite sont quelquefois coupés par des masses de porphyre à base de feldspath et cristaux de feldspath et de quarz, dont les caractères se rapprochent beaucoup de ceux de certains trachytes, et qui ont surtout une grande analogie avec les porphyres en filons qui existent à l'île d'Arran (2). Ces masses

---

(1) Les mineurs du Cornouailles se servent du mot *lode* pour indiquer un filon riche en minerai du métal particulier qui fait le but de l'exploitation, et de *course* pour les filons stériles. Les *cross-courses* contiennent quelquefois du plomb, mais jamais de cuivre ni d'étain, si ce n'est près des points où ils coupent des filons de ces deux métaux, et comme ces deux derniers métaux forment les exploitations principales du Cornouailles, on regarde comme stériles les filons quelquefois plombifères dont nous parlons.

(2) Ces porphyres paraissent être d'une époque anté-

sont appelées *elvan-courses* ou *elvan-channels* par les mineurs. D'après leur position relativement aux terrains dans lesquels elles se trouvent, on ne peut supposer qu'elles y soient contemporaines, tous leurs caractères tendent au contraire à faire admettre qu'elles sont d'une formation postérieure, et qu'elles constituent de véritables *filons*, si on entend par ce mot une fente remplie postérieurement, quelle que soit la cause qui ait produit la fente et le remplissage. En effet, ces masses coupent les feuillets de couches sans leur faire éprouver de bouleversement, ni de contournemens; on reconnaît leur prolongement à droite et à gauche de ces masses, presque toujours au même niveau. Ces parties, qui avoisinent le filon, présentent plus de consistance et sont moins fissiles que la masse de la roche, endurcissement qui paraît dû à l'action de l'elvan.

De même, lorsque l'elvan est solide, ce qui arrive dans la plupart des cas, les parties qui forment les parois et qui sont en contact avec la roche sont plus dures et plus compactes que la masse centrale du filon; elles ne présentent pas

---

rieure à la formation du terrain houiller, car on ne les connaît pas dans des terrains plus modernes que le vieux grès rouge. Les dykes qui existent dans les terrains houillers ont un aspect entièrement différent de l'elvan.

de cristaux, tandis que le centre est un porphyre très-prononcé.

Les filons d'elvan contiennent quelquefois près de leurs parois les fragmens de la roche environnante.

Leur direction.

Les filons d'elvan se dirigent en général de l'Est à l'Ouest; ils ne s'écartent que faiblement de cette direction; ils plongent presque toujours vers le nord, sous un angle de 45° environ. L'inclinaison des filons métalliques, par rapport à l'horizon, étant beaucoup moins grande, ils les coupent fréquemment dans la profondeur.

Leur puissance.

Leur puissance varie de 2 mètres à 120 mètres (1 à 60 fath.); leur étendue en longueur n'a jamais été déterminée, quoique l'un d'entre eux ait été suivi pendant plus de cinq milles; ils fournissent une grande partie des pierres à bâtir employées dans le pays.

Caract qui prouvent que c sont des filons.

En résumant les caractères de ces porphyres en elvans, on voit qu'ils coupent les couches, qu'ils ont une direction, une inclinaison et une puissance constantes; qu'ils se prolongent sur une très-grande étendue; caractères qui ne laissent aucun doute sur leur postériorité, et qui prouvent qu'ils forment de vastes filons au milieu des terrains dans lesquels on les observe.

Leur âge re latif.

L'âge relatif de ces filons n'est pas encore complétement constaté; on sait cependant qu'ils ont

été formés à une époque antérieure au dépôt des filons de cuivre, ces derniers coupant toujours les filons d'elvan, ainsi que le représente la *fig.* 10, qui est une coupe de la mine de Treskerby ; mais leur ancienneté, relativement aux filons d'étain, présente plus d'incertitude. Il est probable que l'elvan s'est formé entre les deux époques, sans doute très-rapprochées, où l'étain s'est déposé : en effet, on trouve des filons et de petits filons (*stock-werks*) d'étain qui traversent l'elvan et qui, par conséquent, lui sont postérieurs, tandis qu'à leur tour quelques filons d'étain sont coupés par ceux d'elvan, et sont, par conséquent, d'une origine un peu plus ancienne. Nous indiquerons des exemples de ces deux cas.

Petits filons d'étain dans l'elvan: exemple de la mine de Trewidden-ball.

La mine de Trewidden-ball, décrite plus haut, § 21, est exploitée sur une réunion de petits filons d'étain qui traversent une masse d'elvan dans tous les sens, et qui sont, par conséquent, postérieurs à cette roche. La mine de Wherry, actuellement abandonnée, citée aussi au § 21, était exploitée sur un gisement entièrement analogue.

Filon d'étain coupé par le filon d'elvan : exemple de la mine de Polgooth.

La mine de Polgooth nous offre, au contraire, l'exemple de filons d'étain coupés par l'elvan.

Cette mine, anciennement l'une des plus productives du comté de Cornouailles, fut abandonnée pendant long-temps, à cause de l'insuf-

fisance des machines d'épuisement; elle a été reprise il y a deux ans.

Le terrain (1) est formé de killas, dont les couches plongent vers l'Ouest-sud-ouest, sous un angle d'environ 20°. Le filon principal, appelé *Polgooth lode* (filon de Polgooth), se dirige Est et Ouest de la boussole ; il a été suivi à une grande distance dans cette direction ; il plonge généralement vers le Nord. Son inclinaison (2) est moyennement de 6 pouces par toise ; ce qui correspond à un angle de 4° $\frac{1}{2}$ avec la verticale, ou 85° $\frac{1}{2}$ avec l'horizontale.

Sa puissance, peu considérable, se réduit fréquemment à 6 pouces et en a rarement plus de 12 ; mais il existe un point où le filon est tellement augmenté par les nombreuses branches qui

(1) Cette description est extraite d'un mémoire de M. John Hawkins, inséré dans le premier volume des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

(2) Au lieu d'exprimer l'inclinaison d'une couche ou d'un filon par l'angle que forme le plan de la couche ou du filon avec l'horizon, les Anglais indiquent généralement la tangente de l'angle que forme ce plan avec la verticale, en disant que la couche s'écarte de la verticale de tant de pouces par toise ; ce qui s'exprime en Anglais, par exemple pour le cas présent, par s'écarter de six pouces par fathom, *underlie six inches in a fathom* : nous nous servirons dorénavant de l'expression française.

viennent s'y réunir, qu'il acquiert de 10 à 14 pieds anglais d'épaisseur. On a observé que quelques-unes de ces branches se séparent au bout de peu de toises, tandis que d'autres restent unies au filon sur une longueur beaucoup plus considérable. Ces filons accompagnans, assez convenablement appelés *nourrisseurs* (FEEDERS), manquent rarement de fournir des masses riches de minerai au point où ils viennent se rattacher au filon principal.

Le filon de Polgooth coupe plusieurs autres filons, qui courent du Nord-ouest au Sud-est (*fig.* 12, pl. III), et qui ont été très-productifs en étain.

Les deux portions de l'un de ces filons coupés ont reçu deux noms différens : celui de *polyer* au Nord et celui de *screeds* au Sud. Le filon se dirige du Nord-nord-ouest au Sud-sud-est de la boussole, et il plonge vers l'Est sous un angle de 57° environ.

La puissance moyenne de la portion dite *polyer* est de 6 à 7 pieds, et celle de la portion dite *screeds* est de 3 pieds $\frac{1}{2}$ à 4 pieds. Sa masse, généralement très-solide, est composée de quarz et de chlorite. On trouve dans ce filon des masses considérables de killas qui forment les parois; elles ont de 3 à 4 toises de hauteur, sur 2 ou 3 pieds de large.

La partie dite *screeds*, qui est la plus méridio-

nale, a été rejetée par le filon de Polgooth, d'environ 15 pieds sur la droite ou du côté de l'angle obtus, ainsi qu'un filon (*St.-Martyn's lode*) d'une puissance considérable, qui diverge de ce point en faisant avec elle un angle d'environ 22° vers l'Est. On connaît encore dans la mine deux autres filons d'étain appelés *new glands-lode* et *vanvean-lode*, qui sont coupés l'un et l'autre par le filon principal *polgooth-lode*. On y voit aussi un filon croiseur Nord-sud (*cross-course*), qui coupe et rejette le filon de Polgooth; il est composé de minerai, de cuivre et de pyrite arsenicale.

A 150 toises du filon de Polgooth, on rencontre vers le Sud un large filon d'elvan, qui converge vers le filon de Polgooth en s'avançant vers l'Ouest.

Ce *dyke* porphyrique, comme on peut l'appeler, est distingué ici sous le nom de *quarry elvan*, elvan propre à bâtir; il plonge de 45° Nord et rencontre le filon de Vanvean à la profondeur de 48 toises, et le coupe suivant une ligne horizontale, à la manière des filons argileux nommés *slides;* il y occasionne un rejet.

L'elvan a été suivi jusqu'à la profondeur de 76 toises au-dessous de la galerie d'écoulement : il a une puissance constante de 7 toises; il coupe le filon de screeds, et le rejette de 15 pieds du côté du plus petit angle.

En suivant l'elvan encore plus loin dans la même direction, on arrive au point de son intersection avec le filon de Saint-Martin, en ce point, dans la galerie de 45 toises, l'elvan et le filon Saint-Martin sont coupés l'un et l'autre par un filon argileux vertical (*flookan*), dont la direction fait un angle d'environ 30° avec celle du premier : il en a résulté un rejet considérable et très-compliqué sur la gauche ou du côté du plus petit angle.

Influence des filons l'elvan sur les filons iétallifères ju'ils rencontrent.

Les filons métallifères sont affectés de diverses manières par les filons d'elvan qu'ils traversent : le plus ordinairement, ces premiers passent à travers l'elvan comme à travers le killas, sans éprouver d'altérations apparentes : quelquefois ils s'amincissent, s'appauvrissent, se divisent en filets; d'autres fois, au contraire, le filon, en entrant dans l'elvan, augmente de puissance et s'enrichit. La

line de cuire de Huel-Alfred.

mine de cuivre de *Huel-Alfred*, à Pillack, fournit un exemple remarquable de cette circonstance : le filon d'elvan a 100 mètres (50 fath.) de puissance; il court du Nord-est au Sud-ouest, et plonge au Nord-ouest sous un angle de 45°. Le filon métallifère qui s'enfonce vers le Nord, sous un angle de 18° à 20°, avec la verticale, produisait très-peu de minerai de cuivre lorsqu'il était dans le killas : aussitôt qu'il devint en contact avec l'elvan, il s'enrichit, et sa richesse s'accrut à mesure qu'il s'enfonça dans

cette roche; sa puissance, qui était de 6 pieds dans le killas, s'accrut jusqu'à 24 dans l'elvan. A la profondeur de 240 mètres (120 fath.), il sortit de l'elvan et rentra dans le killas. A partir de ce point, sa puissance diminua graduellement, et à la profondeur de 300 mètres (150 fath.), elle était seulement de 10 pieds. Sa richesse commença aussi à décliner dès qu'il fut sorti de l'elvan; après avoir été poursuivi un peu plus avant, sa pauvreté obligea les exploitans à abandonner l'entreprise.

La partie du filon qui traverse l'elvan a fourni une si grande quantité de minerai, qu'elle a donné 140,000 livres sterlings (3,500,000 francs) de bénéfice.

Près de la surface, cet elvan paraît avoir une texture presque granitique; mais dans les parties plus profondes, il prend tous les caractères d'un véritable *porphyre feldspathique* (*hornstone-porphiry.*)

Dans quelques mines, le filon, en entrant dans l'elvan, non-seulement devient plus puissant et plus riche, mais encore il pousse de petites branches, qui pénètrent dans l'elvan des deux côtés. La mine d'étain de *Huel-vor,* paroisse de Breage, nous offre un exemple de cette disposition : le filon métallifère qui plonge au Nord, sous un angle de 8 à 9°, avec la verticale, était productif dans

Mine d'étain de Huel-vor.

le killas; mais il le devint bien plus encore en pénétrant dans un filon d'elvan de 20 pieds de puissance. Le filon métallifère, qui n'avait dans le killas que 2 pieds de largeur, en acquit jusqu'à dans l'elvan, et même s'y ramifia de manière imprégner toute la masse de l'elvan de minerai d'étain ; ce qui détermina les ouvriers à exploiter cet elvan stannifère sur une largeur de 20 pieds. Près de la surface, l'elvan de ce filon paraît se composer de feldspath décomposé et de quarz dans les parties les plus profondes, le feldspath est compacte, et schisteux dans quelques parties c'est le seul exemple d'elvan schisteux que l'on connaisse dans le Cornouailles.

Mine de cuivre de Huel-fortune.

Dans la mine de cuivre de Huel-fortune, paroisse de Ludgran, le filon, en traversant l'elvan, devient dans quelques parties plus puissant et plus riche; dans d'autres parties, il s'y divise en petites branches appelées par les mineurs *filets* (STRINGS), qui sont assez riches pour être presque aussi productives que le filon, même dans les parties où il n'est pas divisé. Cet elvan, quoique décomposé dans ses parties les plus élevées, devient dans la galerie la plus profonde un porphyre feldspathique (*hornstone-porphiry*).

Des filons d'étain.

§ 24. — Les filons d'étain sont les plus anciens des filons métallifères du Cornouailles; mais ils ne sont pas tous de la même formation : il en existe deux systèmes différens. Leur direction est sensiblement la même, mais les uns plongent vers le Nord, et les autres vers le Sud. Les premiers sont plus anciens que les seconds; car, dans toutes les mines où ces deux systèmes de filons sont associés, on voit toujours celui qui plonge au Nord coupé et rejeté par celui qui plonge au Sud. La coupe des travaux des mines de Seal-hole et Trevannance, *fig.* 8 et *fig.* 6, pl. II, nous montre cette disposition. Dans la dernière, on voit également que les deux systèmes de filons d'étain sont coupés par les filons de cuivre les plus anciens; ce qui nous indique l'antériorité des filons d'étain.

Deux systèmes : leur âge relatif.

La plus grande partie des filons exploités, paroisses de Saint-Agnès et de Saint-Just, appartiennent au système de filons le plus ancien.

La direction des filons d'étain varie, en général, de 5° à 15° au Nord de l'Est et au Sud de l'Ouest : il y a cependant des exceptions à cette espèce de régularité; quelques-uns se dirigeant exactement Est et Ouest, et d'autres, mais fort rares, du Nord-est au Sud-ouest.

Direction commune des deux systèmes.

Inclinaison. L'inclinaison moyenne est de 31° à 72 avec l'horizon.

Étendue, profondeur, puissance. La longueur et la profondeur de ces filons d'étain, ainsi que de ceux des autres métaux, n'ont jamais été reconnues. Quelques-uns, ceux de Poldice, ont été suivis sur une étendue de deux milles; leur épaisseur varie depuis quelques lignes jusqu'à plusieurs pieds; la largeur moyenne est de deux à quatre pieds; cette largeur n'est pas constante, les filons présentant continuellement des rétrécissemens et des renflemens.

Leur composition. La composition des filons d'étain est la même, quel que soit le système dont ils font partie, la gangue est tantôt de quarz, de chlorite, de quarz et de tourmaline, de quarz mélangé de chlorite, ou de quarz et de mica; quelquefois tous ces élémens sont réunis dans un même filon. Beaucoup de filons de la commune de Saint-Just sont accompagnés de granite décomposé; enfin, quelquefois la chaux fluatée est associée avec le minerai d'étain.

Ces filons, outre l'étain oxidé, renferment les minéraux métalliques regardés comme les plus anciens, tels que le wolfram, les arséniates de fer et de cuivre, le phosphate de cuivre, le nickel natif, le bismuth, l'urane, etc. : les pyrites de cuivre, quoiqu'en général d'un gisement postérieur, y sont également fort abondantes, et sou-

vent une mine d'étain peut aussi être regardée comme une mine de cuivre.

La richesse des filons d'étain n'est pas constante : quelques-uns sont plus riches dans la hauteur; d'autres, au contraire, s'enrichissent en s'approfondissant. Richesse.

Le granite, ainsi que nous l'avons déjà dit, § 22, renferme une plus grande quantité de filons que le killas ; mais ceux qui traversent cette dernière roche sont beaucoup plus riches.

Leur allure quelquefois différente dans le killas ou le granite.

Le gisement de l'étain paraissant être principalement à la jonction du granite et du killas, les filons doivent se prolonger souvent de l'une de ces roches dans l'autre. Le plus ordinairement, dans ce passage, l'allure et la richesse des filons n'éprouvent aucune altération; mais quelquefois le changement de roche influe sur le filon : ainsi, dans la commune de Saint-Just, et notamment à Bottalack, les filons sont plus riches à la jonction des deux roches que dans aucun autre point de leurs cours. Dans la paroisse de Breage, les filons exploités dans le granite sont coupés presque brusquement à l'approche du killas, où l'on peut dire qu'ils semblent se terminer, tandis que quelques autres au contraire, celui de *carleen* par exemple, riches dans toute la partie qui traverse le killas, se réduisent à une veinule en entrant dans le granite.

Enrichissement ou appauvrissement à la rencontre de deux filons.

L'intersection des filons d'étain entre eux, ou avec des filons de fer appelés *guides*, apporte aussi quelques changemens dans la richesse des filons. Une longue expérience a appris aux mineurs de Saint-Just que, suivant l'angle sous lequel l'intersection a lieu, il en résultait un enrichissement ou un appauvrissement du gîte. L'angle de 45° paraît être une espèce de limite : aussi, quand l'angle compris entre les deux filons est plus grand que 45°, ils n'espèrent pas d'enrichissement de la rencontre des filons; quand, au contraire, il est plus petit, spécialement entre 20° et 30°, ils espèrent trouver une quantité considérable d'étain à la rencontre des filons. Ce fait, en apparence singulier, se conçoit facilement, parce que deux filons qui se rencontrent sous un petit angle doivent marcher ensemble sur une plus ou moins grande largeur, et présenter par conséquent un renflement, ainsi que la *fig.* 4, pl. II, l'indique.

Cette règle, quoique générale, éprouve des exceptions.

Comparaison du gisement de l'étain en Saxe, en Cornouailles et à Pyriac.

En comparant les différens gisemens de l'étain oxidé en Cornouailles avec ceux de ce minéral en Saxe, on trouve la plus grande analogie non-seulement pour les genres de gisement, mais même pour l'âge des filons. Ainsi, d'après la description que M. Manès en a donnée

dans le huitième volume des *Annales des mines*, on voit que l'étain se trouve, en Saxe, en amas, en stockwerks et en filons, et qu'il n'en existe pas de véritablement disséminé dans la masse du granite. Ces trois genres de gisement ont exactement leurs correspondans en Cornouailles; mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que le terrain de gneiss paraît être le plus riche en dépôts stannifères. Ce terrain, regardé par tous les géologues comme le passage du granite au schiste, correspond assez bien par sa position à la jonction du granite et du killas du Cornouailles, toutes les roches qui leur sont intermédiaires manquant dans cette partie de l'Angleterre, l'âge des gîtes stannifères est également resserré dans les deux contrées entre les dernières parties du terrain granitique et la grauwacke qui recouvre immédiatement les roches schisteuses; car ni en Saxe ni en Cornouailles, on ne cite d'exploitation d'étain dans cette roche de transition. Un autre rapprochement également fort intéressant, c'est qu'il existe en Allemagne plusieurs stockwerks d'étain disséminé dans un porphyre, notamment celui d'Altenberg, correspondant très-probablement à l'elvan du Cornouailles.

Cette espèce de limite des dépôts stannifères, constatée dans les deux pays les plus riches en mines d'étain, se retrouve encore à Pyriac, sur la

côte de Bretagne. Dans cette localité, ainsi que l'un de nous l'a décrit dans un rapport imprimé dans le quatrième volume des *Annales des mines*, toute la côte, depuis Saint-Nazaire jusqu'à Penhareng, village situé à deux kilomètres au Sud-sud-ouest de Pyriac, est composée de granite, auquel succède une formation schisteuse. C'est dans les 400 derniers mètres de la formation granitique que commence la présence de l'étain, et on retrouve ce métal dans les roches schisteuses au-delà de Pyriac. L'étain oxidé n'a été reconnu jusqu'ici sur cette côte qu'en petits amas, n'ayant aucune relation entre eux : gisement qui, sur une échelle beaucoup plus petite, est analogue aux *tin-floors* du Cornouailles. Trompé sur les véritables gisemens de l'étain, les recherches ont été dirigées jusqu'ici principalement sur le granite ; mais il serait indispensable, si jamais on en faisait de nouvelles, d'explorer également le schiste. Il est d'autant plus probable que les petits amas d'oxide d'étain que nous venons de citer ne sont pas les seuls gîtes de ce minéral sur cette côte de la Bretagne, que parmi les nombreux galets répandus sur la plage, beaucoup présentaient encore des formes cristallines; tandis qu'on n'a trouvé aucun cristal d'oxide d'étain dans les amas qui ont été reconnus et exploités dans le granite. Cette disposition du gisement de l'étain

dans les parties les plus modernes du granite, est d'accord avec l'opinion que M. de Humboldt a émise dans son *Essai géognostique sur le gisement des roches*, que le granite stannifère est un des plus modernes.

Des filons de cuivre les plus anciens.

§ 25. — Il existe en Cornouailles trois systèmes de filons de cuivre : les plus anciens, qui forment la base de la plus grande partie des exploitations de cuivre de ce comté, se dirigent de l'Est à l'Ouest ; aussi les mineurs leur donnent le nom de *east-and west copper-lodes*. **Trois systèmes.**

Les filons du second système se dirigent du Sud-est au Nord-ouest ; voir § 26.

Les filons les plus modernes se dirigent, comme les plus anciens, de l'Est à l'Ouest, et on ne les reconnaît que parce qu'ils coupent et rejettent les filons croiseurs, ainsi que nous l'indiquerons plus bas, § 28.

Le premier système est regardé comme le plus ancien, parce qu'il est toujours traversé par les deux autres, et qu'au contraire ils ne le coupent jamais. **Détails sur les plus anciens.**

L'inclinaison des filons Est et Ouest est variable. Ils plongent le plus souvent vers le Nord, sous un angle d'environ 70° avec l'horizon ; mais quelquefois cet angle n'est que de 35°.

La largeur de ces filons n'excède pas six pieds mais quelquefois ils présentent des renflemen qui la portent jusqu'à 12. On ne connaît pas leu longueur : celui qui est exploité dans *United mines* a été reconnu sur une étendue de 7 milles

Largeur, longueur.

La gangue de ces filons est généralement du quarz, ou pur, ou mélangé de parties vertes ana logues à de la chlorite; quelquefois elle est de chaux fluatée ou composée de ces deux élémen à-la-fois. Ces filons contiennent des pyrites de fer de la blende, du cuivre sulfuré et beaucoup d'autres combinaisons de cuivre, telles que le cuivre carbonaté, phosphaté, arséniaté, muriaté, etc. mais en très-petite quantité.

Filons argileux, accompagnans, salebandes.

La plupart des filons de cuivre sont accompagnés de petits filons argileux, appelés par le mineurs *fluckan of the lode;* ils sont souvent de deux côtés du filon, et correspondent alors au salebandes de Werner; mais quelquefois ils son d'un seul côté et passent fréquemment d'un côt à l'autre; enfin ils se séparent du filon sur un espace de quelques mètres et le rejoignent bientôt

Leur changement par le croisement de filons cuivreux plus modernes.

Dans plusieurs mines de cuivre, principalement dans celles qu'on appelle *United-mines*, exploitées sur le filon principal qui appartient au système le plus ancien (Est et Ouest), on a reconnu que la richesse augmentait des deux côté à l'approche des filons plus modernes de cuivre

Quelques mines ont aussi présenté, dans ces croisemens, ce fait singulier, que le filon était plus riche seulement d'un côté, et entièrement stérile après l'intersection. Cette circonstance pourrait faire naître l'idée que l'antériorité de formation des filons Est et Ouest sur celle des filons Sud-est et Nord-ouest, quoique constante, prise en général, ne doit pas être appliquée à toute la masse de ces filons; que plusieurs de ces filons plus anciens étaient stériles à l'époque de leur formation, et qu'ils ne se sont enrichis de minerais métallifères que postérieurement à l'époque de la formation des filons plus modernes et par suite de la rencontre de ces derniers. Alors on conçoit qu'il peut arriver qu'un filon riche avant l'intersection d'un second filon soit stérile après.

Il arrive quelquefois, mais rarement, que deux filons cuivreux viennent s'appliquer longitudinalement sans qu'il y ait eu intersection visible : dans ce cas, le filon présente un renflement en ce point; mais il se sépare ensuite, *fig.* 4, *pl.* II.

Des filons qui ont été stériles sur une certaine étendue deviennent quelquefois productifs à une plus grande distance du jour : ce passage se fait par gradation. La nature de la gangue ne change pas entièrement; mais son état éprouve quelque modification : c'est ainsi que le quarz, au lieu de former des masses solides, devient pénétré de fis- Autres accidens.

5.

sures dans tous les sens, et présente un grand nombre de cavités. Les mines dites *United-mines* présentent cet accident; dans d'autres cas, l'une des parties composantes de la gangue augmente beaucoup en proportion: ainsi, lorsqu'elle est formée d'un mélange de quarz et de chlorite, le premier de ces composans diminue peu-à-peu, et il ne reste presque que de la chlorite pure; ces changemens s'observent aussi fréquemment dans les mines d'étain.

Quelques filons ont donné du cuivre près de la surface, tandis qu'on les a trouvés riches en étain dans leur partie inférieure, comme on l'observe dans la mine de Cook's-Kitchen, *fig.* 3, *pl.* II. Il est probable que ce phénomène est dû à la rencontre de deux filons, dont l'un est cuprifère et l'autre stannifère.

Une longue expérience a fait connaître que les filons de cuivre sont généralement peu productifs dans un district de mines d'étain.

Nous avons déjà indiqué que les filons d'étain sont antérieurs à ceux de cuivre ; ces derniers sont, à leur tour, plus anciens que les cross-courses et les filons argileux; car ils sont coupés également par ces deux genres de filons. Les *fig.* 1, 2, 5, 9, 10 et 11, *pl.* II, représentant des plans de mines, nous montrent cette disposition.

Second système de filons cuivreux, CONTRA-COPPER-LODES.

§ 26. — La direction générale de ces filons est de 30° à 45° du Sud de l'Est au Nord de l'Ouest; leur inclinaison est presque la même que celle des autres filons de cuivre, environ 70° avec l'horizon (2 pieds par toise). Direction inclinaison

Leur composition est à-peu-près la même que celle des filons Est et Ouest que nous venons de décrire, seulement ils contiennent plus de parties argileuses : ils sont, en général, plus larges que les filons Est et Ouest; leur largeur moyenne peut être évaluée à quatre pieds. Dans quelques mines *Huel-alfred, Huel-crinnis*, etc., la puissance des filons varie de 9 à 15 pieds. Composition, largeur.

Le nombre des filons de ce second système est peu considérable relativement à ceux du premier. On les a trouvés aussi riches en cuivre que les autres; ils sont également accompagnés de petites veines argileuses, probablement plus récentes que la masse du filon, car elles passent d'une paroi à une autre. Divers rapports géologiques.

On ne connaît aucun exemple de filons de ce second système coupés par ceux que nous avons déjà décrits, tandis qu'au contraire ils sont coupés par des filons plus modernes, que nous allons indiquer succinctement.

Des filons croiseurs, CROSS-COURSES.

Leur composition; largeur.

§ 27. — Ils sont composés quelquefois presque entièrement de quarz; mais souvent ils contiennent une grande proportion d'argile.

Leur largeur est plus considérable que celle des filons d'étain et de ceux de cuivre, elle va jusqu'à 36 pieds; leur puissance moyenne est de 6 pieds.

Direction.

Ils se dirigent quelquefois du Nord au Sud, ou du Sud-ouest au Nord-est, mais plus fréquemment du Nord-ouest au Sud-est. Leur inclinaison est aussi variable que leur direction : la plupart de ceux qui se dirigent du Nord-ouest au Sud-est plongent vers le Nord-est; ceux qui courent du Sud-ouest au Nord-est plongent vers le Nord-ouest.

Leur influence sur les filons métallifères.

Les filons croiseurs causent souvent des dépenses considérables, en rejetant les filons et en influant sur leur richesse, qu'ils rendent quelquefois nulle; d'autres fois aussi ces filons, étant argileux, interceptent les eaux.

Parmi ces filons croiseurs il en est un très-remarquable, qui a été reconnu sur une grande étendue, depuis *Porth-towan*, sur la côte du canal de Bristol, jusque dans la paroisse de Saint-Agnès, et même jusqu'à la côte de la Manche, ainsi qu'on peut le voir sur la carte. Ce filon coupe et rejette tous les filons métallifères; ceux

qui plongent à l'Est sont rejetés de 100 mètres (50 fathoms), et ceux qui plongent à l'Ouest de 36 mètres (18 fathoms).

C'est probablement à ce genre de filons qu'on doit rapporter ces grands filons qui traversent, du Nord au Sud, la paroisse de Saint-Just, et qui sont appelés *guides* par les mineurs. Ils ont ainsi appelé ces filons, parce qu'ils supposent qu'en les suivant ils rencontrent des filons stannifères : on pourrait les appeler plus exactement *filons ferrugineux*, car ils contiennent une grande quantité de minerais de fer oxidé hydraté, d'hématite brune, et même de fer oligiste. Deux de ces filons ont été suivis sur une étendue de 3 milles, et un autre sur une étendue de 5.

Ces filons croiseurs sont, en général, improductifs en étain et en cuivre; cependant il existe dans la mine d'étain de *Polgooth* un filon croiseur riche en étain, et c'est également sur des filons croiseurs que sont exploitées les mines de cuivre de *Huel-music* et *Huel-jubilée*.

Ils sont en général stériles, sauf exception. Plusieurs contiennent du plomb, du cobalt, de l'antimoine et de l'argent.

Le plomb est le métal principal que présentent ces filons croiseurs : il en existe plusieurs près de Truro où l'on exploite ce métal; ils se dirigent du Nord au Sud. C'est dans cette classe que l'on doit placer les filons de plomb des environs de Tavistock; on trouve aussi, mais rarement, dans ce système de filons des minerais de cobalt, du

sulfure d'antimoine, de la bournonite, de l'argent noir et de l'argent natif. Les *fig.* 5, 9 et 11 montrent l'intersection des filons plus anciens par les filons croiseurs.

Filons de cuivre les plus modernes.

[D]irection et [i]nclinaison [c]ommunes avec les [d]eux autres [s]ystèmes de filons cuivreux.

§ 28. — Ce troisième système de filons de cuivre se confond par sa direction, tantôt avec les filons Est et Ouest, tantôt avec les filons croiseurs; on les reconnaît seulement, parce qu'ils coupent ces deux systèmes de filons ainsi qu'on peut le voir dans la *fig.* 9.

L'inclinaison de ces filons est également la même que celle des autres filons de cuivre; leur composition, quoique analogue, est cependant plus argileuse.

[I]ls contiennent du plomb.

C'est probablement à ce système que l'on doit rapporter les filons de plomb qui ont été découverts, il y a peu d'années, dans la paroisse de *Newlyn*. Ces filons ont à-peu-près deux pieds de puissance, et courent de l'Est à l'Ouest: cette direction fait présumer qu'ils n'appartiennent pas aux filons croiseurs; car ces derniers, lorsqu'ils sont plombifères, ont ordinairement une direction Nord et Sud.

Les *fig.*   nous montrent l'intersection de ces filons par les filons argileux que nous allons décrire.

Filons argileux.

§ 29. — On distingue deux classes de filons argileux par la manière dont ils se coupent : les uns sont appelés *cross-fluckans*, et les autres *slides*.

La puissance des premiers varie depuis quelques lignes jusqu'à 9 ou 10 pieds. L'eau ne les traverse jamais, quelle que soit leur puissance, et sous ce rapport ils sont favorables à l'exploitation. **Premier système.**

Leur direction est généralement Nord et Sud. Ils plongent vers l'Est; ils coupent et rejettent tous les filons, excepté les *slides*, comme on le voit daus les *fig.* 1, 2, 5 et 9, *pl.* II.

Les *slides* forment probablement la dernière classe des filons véritables; ils traversent tous les autres; ils sont composés d'argile dans un état plus terreux que dans les autres filons; ils sont généralement presque parallèles aux filons de cuivre et à ceux d'étain. Ces filons sont fort minces; rarement ils atteignent un pied d'épaisseur; ils sont peu inclinés à l'horizon, ce qui leur a fait donner le nom de *slides*, qui veut dire *glissement*. **Deuxième système.**

Observations sur les filons du Cornouailles en général.

Dimensions des filons dans la profondeur.

§ 30. — Suivant les opinions que les géologues ont adoptées sur la formation des filons, les uns ont supposé qu'ils devenaient plus larges en s'approfondissant, les autres, au contraire, ont admis que ces fentes se resserraient et se terminaient en coin. Le Cornouailles fournit des exemples nombreux de l'un et l'autre cas. Tantôt les filons sont plus larges à leur partie inférieure, comme dans la mine de *Huel-Abraham*, et tantôt ils sont plus puissans à une certaine hauteur.

Intersection des filons; direction du rejet.

§ 31. — Lorsque deux filons se coupent, la direction du rejet (1) est intéressante à connaître pour le géologue comme pour le mineur. En Saxe, on donne pour règle générale que la partie rejetée est toujours du côté de l'*angle obtus*, c'est aussi généralement le cas en Cornouailles; et plus l'angle est obtus, plus le rejet est considérable.

---

(1) Un filon peut être rejeté à la rencontre d'un autre filon, suivant une ligne qui se rapproche ou de son inclinaison ou de sa direction. Les mineurs du Cornouailles ont deux expressions différentes pour indiquer ces deux espèces de rejet; ils disent que, dans le premier cas, le filon est *heaved*, et que dans le second il est *started*.

Le grand filon de cuivre de *Carharack*, dans la paroisse de Gwenap, *fig*. 2, est un des exemples les plus instructifs d'intersection. La puissance de ce filon est de 8 pieds : il se dirige presque Est et Ouest, et plonge vers le Nord, sous une inclinaison de 2 pieds par toise ; sa partie supérieure est dans le killas, sa partie inférieure dans le granite. Le filon a subi deux intersections : la première résulte de la rencontre du filon appelé *steven's fluckan*, qui se dirige du Nord-est au Sud-ouest et qui rejette le filon de plusieurs toises ; la seconde a été causée par un autre filon, qui est presque à angle droit avec le premier, et qui fait éprouver un second rejet de 40 mètres (20 fath.) du côté droit. La chute du filon se trouve donc, dans un cas, à droite, et dans l'autre à gauche ; mais dans l'un et dans l'autre, elle est du côté de l'angle obtus. Cette disposition est très-singulière ; car une partie du filon paraît être remontée, tandis que l'autre est descendue.

Exemple du filon de Carharack.

La mine de cuivre et étain de *Huel-Peever*, *fig*. 7, *pl*. II, nous présente un exemple analogue. Cette mine, ouverte dans le killas, est exploitée sur deux filons, dont la direction est Est et Ouest, mais qui plongent l'un vers l'autre sous des inclinaisons opposées : celui qui plonge au Nord est un filon d'étain ; l'autre est un filon de cuivre, qui coupe le premier et lui fait éprouver un rejet.

Exemple du filon de Huel-Peever

Postérieurement à cette intersection, il s'est fait une autre dislocation dans les couches : les deux filons d'étain et de cuivre ont été coupés par un filon argileux; la force qui a agi à cette époque a causé un déplacement en sens opposé, de sorte que, dans un très-petit espace, le filon présente deux intersections, dans l'une desquelles une partie du filon paraît être descendue, tandis que l'autre serait montée.

Le segment du milieu présente un désordre plus grand que les deux autres, il est plus large : la masse est très-dérangée; on y trouve des fragmens de la partie supérieure du filon. On observe également ce trouble à la partie supérieure du segment inférieur. Le grand désordre qui règne dans le segment du milieu doit être attribué à son élargissement, qui est dû lui-même à la chute du mur.

Du minerai d'étain d'alluvion.

Position géographique.

§ 32. — L'oxide d'étain se trouve disséminé, soit dans les alluvions qui recouvrent la pente de la plupart des collines peu inclinées qui avoisinent les lieux riches en mines d'étain, soit dans les alluvions qui remplissent les vallées qui serpentent au pied de ces collines; mais dans ces dépôts assez fréquens, l'étain est rarement disséminé en

assez grande proportion pour qu'on puisse l'en retirer avec avantage. Les exploitations les plus importantes du minerai d'alluvion sont groupées aux environs de Saint-Just et de Saint-Austle; on les appelle *stream-works* (1), parce que l'eau est le principal agent que l'on emploie pour isoler les galets d'oxide d'étain du sable dans lequel ils sont disséminés.

Stream-works de Saint-Just.

Les stream-works les plus importans de la paroisse de Saint-Just sont épuisés depuis longtemps, il n'y en a plus que trois actuellement en exploitation : ce sont ceux de *Leswhidden moor*, *Bostraze moor* et *Numphra moor*. L'épaisseur du terrain d'alluvion qui recouvre la couche stannifère, dans ces exploitations, varie de 5 à 10 pieds. Les galets et les grains d'étain sont mêlés indistinctement avec la partie inférieure des dépôts sablonneux et argileux.

Détails sur les stream-works de Pentowan.

Les stream-works les plus étendus et les plus productifs sont ceux de Pentowan, près Saint-Austle. Le terrain d'alluvion qui recouvre ce gîte de minerai d'étain varie de 20 à 70 pieds d'épaisseur, suivant le point de la vallée où l'exploitation est ouverte. Dans un de ceux que nous

(1) Le mot *seifen-werk*, nom que les Allemands donnent aux mines d'étain de lavage, répond exactement à *stream-work*.

avons visités on observe les couches suivantes :

Couches qui forment le terrain.

	p.	p°
1°. Terre végétale.	0	8
2°. Gravier, sable micacé et argile grossière formant différentes petites couches.	8	5
3°. Argile légèrement colorée, contenant un peu de mica et de racines. . .	5	5
4°. Tourbe noirâtre très-argileuse. .	4	1
5°. Argile légèrement colorée.	2	4
6°. Argile endurcie contenant une assez grande quantité de phosphate de fer.	3	10
7°. Sable de mer très-argileux.	5	
8°. Sable de mer mélangé de mica, de coquilles et de fragmens de killas. . . .	4	
9°. Sable de mer plus grossier.	6	
10°. Argile sableuse bleuâtre assez solide, contenant une grande quantité de coquilles récentes.	8	
11°. Sable de mer avec de gros galets.	6	
12°. Sable contenant des galets d'étain et un grand nombre de galets de roches anciennes.	6	
	p. 59	p° 5

La vallée dans laquelle est déposée cette alluvion est creusée dans un killas, qui est ici un grauwacke bien prononcée. Elle contient de fragmens de schiste argileux.

On trouve quelquefois dans cette alluvion divers débris d'animaux, tels que des cornes de daim et de bœuf sauvage, ces dernières sont quelquefois d'une grande dimension.

Etain à la partie inférieure.

Le sable d'étain se trouve toujours disséminé uniquement à la partie inférieure du dépôt, laquelle est composée de galets, de roches anciennes. Ces caractères de ce dépôt conduisent à conclure que l'alluvion stannifère est ancienne, et qu'elle a été formée en une seule fois et non par parties, à des époques différentes; car s'il en était autrement, les différentes couches dont ce terrain de transport se compose devraient nous présenter des alternatives de dépôts stannifères.

Nature des galets.

L'oxide d'étain (1) est disséminé dans l'alluvion, soit en sable très-fin, soit en galets de dimensions différentes. Dans les plus gros il est associé avec du quarz, de la chlorite, et d'autres substances pierreuses analogues à celles qui forment les filons d'étain exploités dans le Cornouailles. Cette association prouve d'une manière certaine que c'est à la destruction des filons d'étain qu'est due la

---

(1) On y trouve aussi des galets d'étain concrétionné, *étain xiloïde, étain de bois.* Pendant long-temps on ne connaissait cette variété d'oxide d'étain que dans le terrain de transport. Nous avons indiqué plus haut, § 21, qu'on la trouvait en petits filons, etc.

formation de ces alluvions stannifères : une particularité très-remarquable que présentent ces galets d'étain est l'absence de tout mélange d'autre matière métallique, sinon de quelques nodules de fer hématite qui l'accompagnent quelquefois. Cette circonstance rend le minerai des stream-works susceptible de donner un étain très-pur.

On ne peut assigner exactement par quels moyens ces galets, arrachés des filons, ont été débarrassés des substances métalliques avec lesquelles, suivant toute probabilité, ils étaient associés. Cependant, quand on considère que l'hématite et l'oxide d'étain, minéraux presque indestructibles, sont les seuls minéraux métalliques qu'on trouve dans les dépôts de cette nature, on est conduit à cette conjecture très-naturelle, que les arséniates et les sulfures, qui accompagnent ordinairement l'oxide d'étain dans la nature, ayant été décomposés, ont été ensuite enlevés postérieurement par l'action des eaux.

DEUXIÈME PARTIE.

DES EXPLOITATIONS DU CORNOUAILLES.

Division. § 33. — En décrivant le gisement du cuivre et de l'étain dans le Cornouailles, § 19, nous avons vu que ces métaux existent en filons; que l'étain

forme en outre de petits filons ou stockwerks dans le granite et dans l'elvan, et que ce métal est quelquefois disséminé dans certaines couches d'alluvion.

Le premier de ces gisemens est toujours exploité par puits et galeries : les stockwerks, qui sont aussi généralement exploités de la même manière, le sont cependant quelquefois à ciel ouvert, et dans ce cas particulier, la roche dans laquelle l'étain est disséminé étant friable, l'eau est employée pour faciliter l'opération; enfin, les couches d'alluvion, étant toujours horizontales et recouvertes d'une petite épaisseur de terrains meubles, sont exploitées à ciel ouvert et par banquettes. Ces différens modes de travaux, que l'on emploie pour extraire l'étain et le cuivre, nous conduisent à diviser ce que nous dirons sur les exploitations du Cornouailles, dans les trois articles suivans :

Exploitations souterraines des amas stannifères et des filons d'étain et de cuivre.

1°. Exploitations souterraines des amas stannifères des filons d'étain et de cuivre;

2°. Exploitations à ciel ouvert des stockwerks stannifères;

3°. Exploitations à ciel ouvert des dépôts d'alluvion stannifères appelés *stream-works*.

Nous avons indiqué, § 22, que les filons du Cornouailles forment trois groupes. Nous allons

faire connaître succinctement les exploitations les plus remarquables qui y existent.

Le district, qui s'étend depuis Truro jusqu'au cap de Land's-End, est celui qui renferme le plus grand nombre de mines. Ces mines, loin d'y être éparses, sont accumulées sur un petit nombre de points. La paroisse de Saint-Just, située à son extrémité Ouest, est la partie dans laquelle les filons stannifères sont les plus rapprochés; mais ces filons sont généralement peu puissans et peu riches, et aucune des nombreuses mines qui y sont ouvertes n'a individuellement une grande importance : les plus renommées, tant par leur richesse que par l'étendue de leur exploitation, sont les mines de cuivre des environs de Redruth; on y remarque principalement celles qu'on désigne sous les noms de *Consolidated-mines*, *United-mines* et *Poldice-mine*. Nous avons visité ces mines avec détail, et nous allons en donner une courte description; nous parlerons aussi des mines de Bottalack et de Wherry, dont les travaux sous-marins sont d'un grand intérêt.

Description de la mine de cuivre connue sous le nom de CONSOLIDATED-MINES.

§ 34. — La mine de cuivre connue sous le nom de *Consolidated-mines*, est ouverte sur un filon qui traverse le killas en se dirigeant à-peu-près de l'Est à l'Ouest, et en plongeant vers le Nord, sous un angle d'environ 80° ; sa puissance varie de $\frac{1}{2}$ mètre à 3 mètres. La gangue est un quarz

tantôt pur, tantôt coloré par le mélange d'une matière terreuse verte. Ce filon présente souvent des bandes de plusieurs pouces d'épaisseur de pyrites sans mélange; on y observe aussi, entre le filon et la roche, des amas incohérens de fragmens de quarz et de pyrites, qui paraissent devoir être considérés comme des salebandes. Elles sont d'une richesse surprenante et de l'exploitation la plus facile; elles laissent filtrer une grande quantité d'eau fortement chargée de sulfates.

Outre ce filon principal, les travaux ont fait connaître quelques filons métallifères d'une moindre puissance, qui lui sont à-peu-près parallèles, et qui peut-être n'en sont que des branches. On a aussi rencontré dans cette mine des filons croiseurs, qui sont généralement stériles, excepté près des points où ils coupent les autres filons.

Ces filons latéraux ne sont pas exploités, quoique leur richesse surpasse souvent celle de certains filons qui forment dans d'autres pays l'objet d'exploitations importantes. M. Nordenskiold, qui voyageait en même temps que nous en Angleterre, nous a assuré qu'ils étaient plus riches que ceux sur lesquels sont ouvertes les mines de Finlande; mais les dépenses de l'exploitation sont si considérables en Cornouailles, que le produit de ces filons ne pouvait les couvrir.

Le filon de pyrites traverse un filon d'elvan,

Travaux d'exploitation.

Les travaux d'exploitation sont disposés par gradins renversés, et les travaux préparatoires sont conduits d'après les principes généralement suivis. Les grands puits d'épuisement et d'extraction sont verticaux et ouverts du côté du toit du filon, de manière à le traverser à une certaine profondeur. Ces puits descendent jusqu'au point le plus bas de l'exploitation ; à mesure que les travaux s'enfoncent, au moyen d'ouvrages exécutés dans le filon, on approfondit les puits et on les met en communication, vers leur fond, avec chaque nouvelle galerie d'allongement, au moyen des galeries de traverse. En ce moment, les grands puits ont 160 toises de profondeur. Ils sont oblongs et divisés en deux compartimens : l'un sert à l'extraction, et l'autre au jeu des pompes. Leur boisage n'a rien de remarquable : on est obligé de l'exécuter avec beaucoup d'économie, tout le bois employé dans ces mines étant tiré de Norwège.

La descente des ouvriers a lieu par des puits inclinés creusés dans le filon : les échelles sont légèrement inclinées ; elles sont interrompues de 10 en 10 toises par des planchers ; les échelons sont en fer : pour les empêcher de tourner sous le pied, on leur a donné la forme d'un fleuret de mineur ; un des deux bouts est rond, et l'autre est taillé en forme de coin. Le premier traverse

l'un des montans, et le second est chassé dans l'autre montant.

L'extraction s'opère, ou par le moyen de manéges (horse-gins), ou avec des machines à vapeur, le plus souvent à haute pression.

Les manéges ne sont employés que pour élever le minerai des niveaux supérieurs; ils sont en général de petite dimension, de la construction la plus simple, et ne sont même pas couverts. Ils sont composés d'un seul arbre transversal, à chaque extrémité duquel on peut atteler deux chevaux de front. Un homme suspendu à l'extrémité de l'arbre les fouette et les fait aller au trot.

L'épuisement, qui est une des dépenses les plus considérables de l'exploitation, tant à cause de la quantité d'eau qu'à cause de la profondeur de la mine, s'exécute au moyen de pompes aspirantes et foulantes de 120 pieds de longueur; les tiges de tous les pistons sont attachées à une maîtresse-tige, suspendue à l'extrémité du balancier d'une machine à vapeur.

Machines à vapeur pour l'épuisement.

Il y a sur cette mine trois machines à vapeur d'une très-grande puissance, destinées à l'épuisement : celle qu'on appelle *maria engine* est de la première force et de la construction la plus perfectionnée.

Le cylindre a 90 pouces anglais ($2^{m},301$) de

diamètre intérieur, et la course du piston est de 9 pieds 11 pouces anglais (3^m,054); il est simple et entouré d'un revêtement en briques, destiné à prévenir la diffusion de la chaleur. La vapeur est introduite dans la partie supérieure du cylindre pendant le commencement de la descente du piston, à une pression capable de faire équilibre à une colonne de mercure de 60 pouces anglais (1^m,545); l'introduction de la vapeur cesse lorsque le piston est descendu d'une certaine quantité, qu'on peut augmenter ou diminuer à volonté. Pendant le reste de la descente, le piston n'est pressé que par cette vapeur, qui se débande progressivement. Pendant ce mouvement, le dessous du piston communique avec le condenseur. Lorsque le piston remonte, les communications entre le cylindre et le condenseur, et entre le cylindre et les chaudières, sont fermées. Le dessous du piston est mis en communication avec le dessus, de manière que le piston étant également pressé des deux côtés, il ne remonte que par la réaction des masses qu'il avait soulevées en descendant : ce n'est donc que pendant la descente du piston qu'il y a de la force vive développée par la vapeur.

La communication entre les chaudières et la partie supérieure du cylindre, entre le dessus et le dessous du piston, et entre la partie inférieure

du cylindre et le condenseur, est établie ou suspendue au moyen de trois soupapes. Leur mouvement est réglé, comme dans la plupart des machines, par une bièle, mue par le balancier, à laquelle sont attachés des mentonnets, qui choquent des leviers coudés : celui de ces mentonnets qui ferme la soupape d'introduction de la vapeur peut être élevé et abaissé au moyen d'une vis de rappel. Par ce procédé simple, on rend plus ou moins long le temps pendant lequel la communication entre les chaudières et le dessus du piston est ouverte, et par suite on rend plus ou moins considérable la quantité de vapeur introduite. Le jour de notre visite, la vapeur n'était introduite que pendant environ la sixième partie de la course du piston (18 pouces anglais).

Lorsque le piston atteint l'extrémité inférieure de sa course, le balancier s'appuie sur un ressort portant une sonnette, dont le bruit fait connaître que le jeu de la machine a tout son développement. Quand ce ressort n'est pas choqué, ce qui annonce que la charge des pompes est trop forte relativement à la quantité de vapeur introduite, on augmente un peu cette masse de vapeur, en allongeant la partie de la course du piston, pendant laquelle la vapeur arrive de la chaudière.

Les dimensions des machines à vapeur employées à l'épuisement, étant calculées pour un *maximum* d'eau à élever, les pompes marcheraient souvent à vide, si on faisait produire à la machine tout son effet.

Appareil our régler e nombre : coups de piston.

Pour obvier à cet inconvénient, la mise en mouvement du piston est déterminée par le jeu d'un appareil indépendant de la machine, et qui permet de faire varier, à volonté, le temps qui s'écoule entre deux coups de piston successifs. Cet appareil consiste principalement en un flotteur portant une tige garnie de deux arrêts; ce flotteur nage dans un bassin, dans lequel tombe sans cesse un filet d'eau. A mesure que le bassin se remplit, la tige s'élève, un des arrêts vient choquer une détente, qui, en permettant la chute d'un contre-poids, détermine l'ouverture subite de la soupape d'introduction de la vapeur; l'autre arrêt ouvre en même temps la communication du dessous du piston avec le condenseur. Presque au même instant, l'eau du bassin arrive au point le plus haut d'un siphon, par lequel elle s'écoule : le flotteur redescend pour recommencer à monter l'instant d'après; le temps de son ascension, qui est égal à l'intervalle entre deux coups de piston, dépend uniquement de la rapidité avec laquelle on laisse le bassin se remplir.

La tige du piston est attachée à l'une des extrémités du balancier, au moyen d'un parallélogramme de la construction ordinaire : la maîtresse-tige des pompes est suspendue à l'autre extrémité, au moyen d'une chaîne et d'un arc de cercle. Les tiges des pompes à eau froide, à eau chaude et à air, sont également mises en mouvement par la seconde partie du balancier; elles sont placées, ainsi que la maîtresse-tige, hors du bâtiment qui contient la machine.

L'orifice du puits n'est pas couvert; au-dessus se trouve une forte molette, destinée à manœuvrer la maîtresse-tige : celle-ci est formée de poutres de sapin réunies par le trait de Jupiter, que fortifient des barres de fer.

Deux chaudières continuellement en feu alimentent cette machine, et pour qu'on ne soit pas obligé d'arrêter le travail quand une chaudière a besoin d'être réparée, il y en a une troisième dans le bâtiment où elles sont placées. Ces chaudières sont en fer battu, et consistent chacune en deux cylindres, placés l'un dans l'autre, et dont les axes sont parallèles, mais non identiques. L'axe du cylindre intérieur étant un peu au-dessous de celui du cylindre extérieur, l'eau est contenue dans l'anneau compris entre les deux cylindres ; le plus petit sert de foyer : la grille est placée un peu au-dessous de son axe.

Il n'existe pas dans le Cornouailles de machines plus puissantes que celle que nous venons de décrire succinctement. Le jour de notre visite, elle produisait un effet de cent neuf chevaux; le *maximum* que nous pensons qu'elle puisse produire est de trois cent huit chevaux (1)

Calcul de la force vive développée par cette machine à vapeur.

(1) D'après ce qui a été dit plus haut,

La tension de la vapeur sortant de la chaudière, exprimée en colonne d'eau, est égale à $20^m,941$.

Le diamètre du cylindre est de $2^m,310$ (90 pouces anglais).

La course du piston est de $3^m,054$ (9 pieds 11 pouces anglais).

Enfin, la partie de la course pendant laquelle la vapeur est introduite est égale à $0^m,462$ (18 pouces anglais).

De là il est aisé de conclure, d'après la note sur les machines à vapeur, par M. Combes, insérée dans le IXe. volume des *Annales des mines*, page 441, qu'en faisant abstraction de la tension de la vapeur dans le condenseur on a, pour l'expression de la force vive produite pendant la descente du piston, la formule suivante :

$$\tfrac{1}{4}\pi\,(0^m,462)\,(2^m,310)^2\,(20,941)\left(1+\int_{x=3,054}^{x=0,462}\frac{dx}{x}\right):$$

formule qui donne, en intégrant et remplaçant x par ses valeurs,

$$(0,7853)\,(0^m,462)\,(20^m,941)\,(2^m,310)^2\,[1+(\text{Log. }3^m,054-\text{Log. }0,462)].$$

Cette intégrale est en logarithmes hyperboliques; pour

Mine de cuivre appelée UNITED-MINES.

§ 35. — La mine dite *United-mines* présente un développement de travaux aussi étendus que ceux des Consolidated-Mines. Les filons qu'on exploite dans ces deux établissemens sont parallèles et distans seulement de quelques centaines de mètres; leur composition et leur position géologique sont entièrement analogues.

Mines de cuivre et étain de Poldice.

§ 36. — La mine de cuivre et d'étain de *Poldice* est ouverte sur deux filons principaux, l'un de cuivre sans étain, et l'autre d'étain sans cuivre. Ces deux filons sont à-peu-près parallèles en direction (Est et Ouest); mais le premier plonge au

---

passer aux logarithmes ordinaires, il faut multiplier par le logarithme hyperbolique de 10, ce qui donne

$$(0^{m},7853)\ (0^{m},462)\ (20^{m},941)\ (2^{m},310)^{2}\ [1 + \text{Log. } 10\ (\text{log. } 3{,}054 - \text{log. } 0{,}462)] :$$

D'où l'on déduit enfin que la force vive développée pendant la descente du piston équivaut à 118,89 mètres cubes d'eau, ou 118890 kilog. élevés à un mètre de hauteur.

La machine, lorsque nous l'avons vue jouer, donnait 243,6 coups par heure, et par conséquent développait, dans ce laps de temps, une quantité de force vive égale à 28,964,200 kilogrammes élevés à un mètre. En comparant ce nombre avec la force vive d'un cheval travaillant 8 heures par jour, qui est évaluée, par Boulton et Watt, à 265,000 kilogrammes élevés à un mètre, par heure de travail,

Sud, tandis que l'autre plonge au Nord; ils se coupent suivant une ligne légèrement inclinée à l'horizon. Le filon de cuivre coupe et rejette celui d'étain, circonstance qui prouve qu'il est d'une formation plus moderne.

La gangue du filon de cuivre est quarzeuse. Les plus beaux cristaux de cuivre sulfuré du Cornouailles proviennent de ce gisement; il fournit aussi de jolis cristaux de Bournonite et de cuivre oxidulé.

Les travaux de cette mine, ouverts dans le

---

on trouve que cette machine marchait alors avec une force de 109 chevaux, et faisant par conséquent en vingt-quatre heures autant de travail que 327 chevaux travaillant chacun huit heures par jour.

Cet effet est loin d'être la puissance totale de cette machine; car si on laisse entrer la vapeur dans le cylindre pendant la moitié de la course du piston, auquel cas elle aurait, après s'être débandée, une tension à-peu-près égale à celle de l'atmosphère, on aura pour l'expression de la force :

$$(0,7853)\ (1^{m},527)\ (20^{m},941)\ (2^{m},310)^{2}\ [1 + \text{Log. } 10\ (\text{log. } 3,054 - \text{log. } 1,527)] = 226876 \text{ kilog.}$$

Si on suppose en même temps que la machine donne six coups par minute, ou 360 par heure, vitesse qu'elle ne doit guère surpasser, on trouve, pour l'effet produit en une heure, 81,675,400 k $\times$ *m*, effet égal à celui de 308 chevaux attelés à-la-fois, ou de 924 chevaux dans vingt-quatre heures.

killas, se prolongent dans le granite, et mettent à découvert, sur une grande étendue, la superposition de ces deux roches : leur ligne de jonction est inclinée d'environ 30°; elle est bien loin d'être nette, et présente au contraire, ainsi que nous l'avons dit plus haut, § 14, un entrelacement très-remarquable des deux roches.

La nature et la richesse des filons n'éprouvent aucun changement en passant d'une roche dans l'autre.

On connaît dans cette mine plusieurs filons cuprifères, parallèles au filon de cuivre principal, mais moins riches; il existe aussi un second filon stannifère, qui présente un mélange de minerais d'étain et de pyrites cuivreuses. Le filon d'étain et les filons de cuivre sont coupés et rejetés par des filons croiseurs, qui sont pauvres, excepté sur les points où ils coupent les premiers. On creuse des galeries de traverse dans ces filons, parce qu'ils sont d'une exploitation plus facile que les roches non altérées. On exploite en ce moment un filon qui contient à-la-fois du cuivre et de l'étain; nous ignorons à quel système il appartient, sa gangue se compose en partie de chaux carbonatée et de chaux fluatée. La séparation des deux métaux qui s'y trouvent réunis offre des difficultés dont nous parlerons avec quelque

détail à l'article de la préparation mécanique de l'étain.

Les puits principaux sont ouverts sur l'intersection du filon d'étain et du filon principal de cuivre, il y a en outre plusieurs puits d'extraction hors de cette ligne.

Les travaux occupent quatre machines à vapeur, dont les deux plus puissantes sont employées à l'épuisement; elles sont semblables et à-peu-près de même force que celle que nous avons décrite à l'article de la mine dite *Consolidated-mines*.

Les puits qui ne sont pas pourvus de machines à vapeur ne servent qu'à l'extraction des minerais exploités à une petite profondeur, extraction qui s'opère au moyen de petites machines à molettes à deux ou à quatre chevaux.

Mine de cuivre et étain de Bottalack.

§ 37. — La mine de *Bottalack* est située dans la paroisse de Saint-Just, sur la côte, un peu au nord du cap Cornwall; elle est ouverte sur un système de filons contenant du cuivre pyriteux et de l'étain oxidé intimement mélangés. Ces filons se dirigent du Nord-ouest au Sud-est, et sont encaissés dans le killas amphibolique, dont une bande étroite forme la côte de ce canton, et dont les couches paraissent s'appuyer sur le granite et plongent vers la mer. Ces filons sont coupés par un filon croiseur appelé *guide*, qui rejette

les autres et se dirige du Sud-sud-est au Nord-nord-ouest. Quoique généralement stérile, il contient les mêmes minerais que les autres ; près des points où il les coupe, il se réduit souvent à un filon très-mince de quarz. Sa puissance n'excède jamais trois pieds ; c'est à-peu-près celle des filons métallifères ; la gangue de ces derniers est ordinairement du quarz, très-souvent mélangé d'une grande quantité de matière verte, qui ressemble à la chlorite, et qui peut-être n'est autre chose que du killas réduit en particules très-fines.

Quelques *floors* ou amas à-peu-près semblables à des couches contenant de l'étain oxidé se trouvent dans le voisinage des filons, et sont en communication plus ou moins directe avec eux.

Les travaux d'exploitation suivent le filon croiseur appelé *guide*, qu'on n'enlève en totalité que dans les parties enrichies par les filons qu'il coupe et qu'il rejette ; on exploite ces filons eux-mêmes, à mesure qu'on les rencontre, jusqu'à la plus grande distance possible. On travaille comme dans le reste du Cornouailles, par gradins renversés. Les travaux de cette mine se trouvent presque tous au-dessous du niveau de la mer et s'étendent même en partie sous son fond : ils sont commencés depuis un temps immémorial, et leurs premiers auteurs, ne soupçonnant pas sans doute qu'ils dussent avoir jamais le développement qu'ils

ont actuellement, ont eu l'imprudence d'enlever le minerai jusqu'à une si petite distance du fond de la mer, qu'elle a fini par se faire jour en un point que les eaux couvrent à chaque marée, et qu'elle s'est répandue dans les travaux. On a réussi à boucher cette entrée en y plaçant une plate-forme en bois, qu'on a recouverte de gazon (*slimy-turf*) et qu'on a chargée de pierres.

Dans la galerie supérieure, le bruit de la mer qui se brise sur les rochers est assez fort pendant les tempêtes pour épouvanter les ouvriers ; on y distingue aussi le choc des cailloux qui roulent sur les rochers, et il se transmet alors jusque dans les travaux les plus profonds.

Il y a peu d'années, la première galerie ouverte dans le filon dit *crown-lode* se trouvait environ à $55^{m},34$ (30 fathoms) au-dessous de la haute mer, et s'avançait horizontalement de $55^{m},34$ environ (30 fathoms) sous la mer. La galerie ouverte à $73^{m},92$ de profondeur (40 fathoms) s'avançait de 20 mètres; celle au niveau de 120 mètres, de $55^{m},34$; enfin, la galerie qui est à 157 mètres (85 fathoms) au-dessous du niveau de la mer s'avançait de 74 mètres sous son fond.

Dans les diverses mines sous-marines de ce canton, on ne rencontre que très-peu d'eau, et la quantité qu'en laissent filtrer les parois est d'au-

tant moindre qu'on s'enfonce davantage : ces eaux sont souvent moins salées que celles de la mer. Dans la mine de Bottalack, il existe une source d'eau douce à 74 mètres (40 fathoms) au-dessous de la mer, et une autre à plus de 184 mètres (100 fathoms). Il y a quelques années, lorsque la galerie la plus profonde se trouvait à 193 mètres (105 fathoms) au-dessous de l'orifice du puits qui est un peu au-dessus du niveau de la haute mer, les machines d'épuisement ne fournissaient que 40 gallons d'eau par minute. Cette quantité a peu augmenté depuis, quoique la mine se soit approfondie de 18 mètres (10 fathoms) et se soit étendue dans toutes les directions.

Le puits principal qui sert à l'épuisement des eaux, à la descente des ouvriers, et par lequel s'opère une partie de l'extraction est creusé dans un rocher appelé *Crown-rock*, contre lequel les vagues se brisent continuellement; nous l'avons cité plus haut (§ 17); à cause de sa composition remarquable. Ce puits descend jusqu'à 228 mètres (123 fathoms) en dessous de son orifice, et 212 mètres (115 fathoms) au-dessous du niveau moyen de la mer. C'est à cette profondeur que se trouve actuellement la galerie la plus profonde. Ce puits, peu régulier et un peu incliné, est boisé au moyen de cadres horizontaux, placés de mètre

7

en mètre, sur lesquels sont attachées des planches verticales placées derrière. Les eaux sont enlevées par une suite de pompes aspirantes et foulantes de diverses longueurs, dont les tuyaux sont en fonte, et qui sont mises en jeu par une machine à vapeur de la force de dix-huit chevaux, établie sur le *crown-rock*, près de l'orifice du puits. On descend par des échelles en bois, les unes verticales, les autres inclinées. Une partie du minerai est extraite par le même puits, au moyen d'une machine à vapeur de rotation qui est placée sur le haut de la falaise; mais elle n'élève les tonnes que jusqu'à l'orifice du puits : là, on fait un triage; les déblais tout-à-fait pauvres sont jetés à la mer, les morceaux qui contiennent du minerai sont élevés en haut de la falaise par des bennes qui glissent dans un canal incliné et qui sont mises en mouvement par une machine à molettes.

Sur le prolongement méridional du filon croiseur appelé *guide*, se trouve un second puits d'extraction, sur lequel on a aussi établi une machine à molettes.

La mine de Bottalack, qui, par la situation de son orifice dans un rocher sans cesse battu par les vagues, et par la disposition de ses machines sur une côte escarpée et sans abri, semble aux étrangers une espèce de prodige, n'est pas

la seule du Cornouailles qui présente des travaux sous-marins, on en trouve plusieurs autres dans le même cas, sur la côte qui s'étend du Land's-end à Saint-Yves.

§ 38. — C'est à cette classe que se rapportait la mine de *Wherry*, citée dans plusieurs ouvrages comme un monument de la hardiesse des mineurs du Cornouailles. Elle était ouverte sur le rivage, à l'ouest de Penzance, en un point que la mer ne découvre que durant très-peu d'heures à chaque marée. On exploitait dans cette mine un filon d'elvan, qui contenait, sur une petite partie de sa longueur, du minerai d'étain en petits filons, et en veinules disséminées dans la masse de l'elvan.

Ancienne mine d'étain de Wherry.

L'affleurement de la masse stannifère était couvert de plusieurs mètres d'eau à chaque marée, en sorte qu'on ne pouvait travailler que durant quelques heures par jour, et chaque fois qu'on revenait, on trouvait les travaux remplis d'eau. Malgré ces obstacles, un simple ouvrier mineur parvint, à la fin du siècle dernier, à y creuser un puits, sur l'orifice duquel il éleva une tourelle en bois soigneusement calfatée et goudronnée, qui ne laissait aucun accès aux eaux. Au-dessus de cette tourelle, il plaça deux molettes, sur lesquelles passaient deux câbles d'extraction, mis en mouvement par une machine à vapeur

établie à 200 mètres de là sur le rivage. Il construisit ensuite, sur pilotis, un plancher horizontal, qui mettait le puits en communication avec le rivage, et permettait d'y transporter les matières extraites de la mine : l'exploitation prit alors une marche régulière.

La masse stannifère, exploitée par grandes chambres, donna, pendant plusieurs années, des quantités considérables d'étain; mais un vaisseau mouillé près de là, ayant chassé sur ses ancres pendant la nuit, vint choquer la tourelle, qu'il renversa : l'exploitation fut alors remplie d'eau, et elle n'a pas été reprise depuis cette époque. On a représenté par un dessin, dans les *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles, les travaux extérieurs de cette mine.

Environs de St-Austle. Mine d'étain de Polgooth.

§ 39.—Les environs de Saint-Austle, qui comprennent notre second district métallifère, ne renferment qu'un très-petit nombre de mines ouvertes sur des filons. La mine d'ētain de Polgooth, qui est la plus importante de ce groupe, est exploitée sur un système de filons stannifères que nous avons décrit plus haut, § 23; elle était, il y a quelques années, une des plus productives du Cornouailles; mais l'insuffisance des machines d'épuisement l'avait fait abandonner. On a repris les travaux il y a deux ans, et tout fait

croire qu'elle redeviendra bientôt aussi productive qu'avant son abandon.

On y a déjà placé deux machines d'épuisement : l'une est une roue hydraulique qui reçoit l'eau au milieu de sa hauteur, et dont la force est évaluée à cent chevaux ; l'autre est une machine à vapeur, dont le piston a 60 pouces anglais de diamètre. Elle est construite sur le même principe que celle décrite, §23, à l'article de la mine dite *Consolidated-Mines*.

Mines de cuivre d'East-crinnis et West-crinnis.

§ 40. — Il existe aussi, dans les environs de Saint-Austle, plusieurs mines de cuivre : les deux principales portent les noms *d'East-crinnis* et de *West-crinnis ;* elles sont ouvertes, comme celles des environs de Redruth, sur des filons de pyrites cuivreuses qui traversent le killas.

Mines diverses des environs de Tavistock.

§ 41. — Les environs de Tavistock en Devonshire, qui forment notre troisième district métallifère, présentent plusieurs mines d'étain, de cuivre et de plomb assez importantes. Celles des deux premiers métaux sont ouvertes sur des filons dirigés à-peu-près de l'Est à l'Ouest, et encaissés dans du killas : celles de plomb le sont au contraire sur des filons dirigés du Nord au Sud, qui coupent et rejettent les premiers ; les mines de plomb de *Beer-alston* et de *Huel-bethsey* sont les plus considérables, de cette nature, du midi de l'Angleterre.

Exploitation à ciel ouvert des stockwerks stannifères.

§ 42.—Nous ne connaissons en Cornouailles qu'une seule mine, dans laquelle on exploite à ciel ouvert un stockwerk stannifère; c'est celle de *Carclase*, à $\frac{3}{4}$ de lieue Nord-est de Saint-Austle.

Nous avons décrit plus haut le gîte de minéral sur lequel elle est ouverte : son exploitation nous paraît mériter aussi quelques détails. Cette mine est située sur le flanc, et presque au sommet d'une colline granitique, au milieu d'une bruyère inculte; elle présente une excavation à ciel ouvert d'environ 300 mètres de long sur 120 de large et 40 de profondeur. Ses parois ont pris, par suite des travaux d'exploitation et de l'action des agens atmosphériques, des formes hardies et bizarres, qui rappellent les ruines d'un édifice gothique, ou la forme de certains ravins creusés dans les dépôts de gypse des Alpes. Les eaux pluviales contribuent pour beaucoup à l'exploitation, en coulant sur les parois; elles enlèvent la surface du granite tendre, déchaussent les petits filons qui le traversent, les font tomber par fragmens, et entraînent ces fragmens vers le bas. Le travail des ouvriers se réduit souvent à les y recueillir;

mais, dans beaucoup de cas, ils aident ou accélèrent cette action au moyen de petits courans d'eau, qu'ils amènent à travers la bruyère et qu'on fait couler sur le rocher, dont ils attaquent la surface avec le pic. Un courant plus considérable, amené d'une assez grande distance, est introduit dans la mine, à-peu-près vers le milieu de sa hauteur, à travers les flancs de la colline, dans des tuyaux de fonte.

On le divise en deux autres, qui sont conduits par de petits canaux, de manière à offrir des chutes successives, au moyen desquelles ils font tourner chacun trois roues à augets, destinées à mouvoir autant de bocards à trois pilons. Ces bocards servent à pulvériser le minerai, qu'on lave ensuite dans des caisses placées à côté, de manière que le minerai d'étain sort de la mine tout préparé; mais les graviers entraînés, étant encore métallifères, sont soumis à une seconde opération.

Les eaux qui les entraînent s'écoulent par une galerie pratiquée au point le plus bas de la mine, et qui débouche, à plusieurs centaines de mètres, sur le flanc de la colline, formé en ce point de killas. Elles déposent, dans cette galerie et dans plusieurs bassins qui y sont contigus, les substances dont elles sont chargées. Ces matières bocardées de nouveau, puis lavées sur de larges

tables, fournissent encore une quantité assez notable de schlich d'étain.

Exploitation à ciel ouvert de dépôts d'alluvion stannifères.

§ 43. — Les dépôts d'alluvion stannifères, que le Cornouailles et le Devonshire présentent sur plusieurs points, et particulièrement près des lignes de jonction du granite et du killas, sont constamment exploités à ciel ouvert et au moyen des courans d'eau, à l'aide desquels on sépare le minerai du sable, dans lequel il est disséminé; ce qui a fait donner à ces exploitations le nom de *Stream-works*, nom qu'on a par suite étendu aux gîtes eux-mêmes. La disposition du lavoir varie suivant que le dépôt est plus ou moins épais et plus ou moins riche; mais il présente généralement une caisse assez analogue à une caisse allemande, et ayant seulement une chute d'eau plus forte. Les *Stream-works* les plus importans sont ceux de *Pentowan* près *Saint-Austle*. Nous avons fait connaître, § 32, la disposition des gîtes; nous n'avons que quelques mots à ajouter sur le mode d'exploitation.

On commence par enlever les bancs d'argile, de tourbe et de sable, qui recouvrent le dépôt de sable stannifère, par un travail de terrassement

conduit par banquettes et gradins demi-circulaires. Les déblais sont transportés avec des brouettes dans les parties déjà excavées; le diamètre du demi-cercle que forme le gradin inférieur est égal à la largeur du banc stannifère, terminé de tous côtés par les collines qui entourent la vallée. Les eaux qui filtrent de toute la masse du terrain sont reçues, de deux en deux ou de trois en trois gradins, dans des rigoles horizontales, qui les empêchent de couler librement et de dégrader l'ouvrage. Elles sont conduites par des rigoles inclinées, garnies de planches et de gazons jusqu'au gradin inférieur, dans lequel se trouve une caisse longue, où on les fait tomber en nappes, et dans laquelle se font le débourbage, le lavage et le criblage de tout le sable stannifère. Cette caisse est suivie de bassins, desquels l'eau est conduite par un canal jusque dans un puisard, où plongent quatre pompes, mises en mouvement par deux roues à augets, et qui servent à tenir à sec le fond de la mine.

TROISIÈME PARTIE.

PRÉPARATION MÉCANIQUE ET FONTE DES MINERAIS D'ÉTAIN.

§ 44. En décrivant le gisement de l'oxide d'étain, nous avons indiqué que ce minéral se trouvait en couche, en amas, en stockwerks, en filons, et disséminé dans des dépôts d'alluvion.

L'oxide d'étain retiré des quatre premiers gisemens s'appelle *mine-tin* (étain de mine), et celui qui provient du dernier est connu sous le nom de *stream-tin,* étain de *stream-works* (étain de lavage).

Le premier est accompagné d'une grande quantité de métaux étrangers, tandis que le second n'est presque associé qu'avec des substances pierreuses.

Cette grande différence dans la composition de ces deux minerais, en amenant une dans la manière de les préparer, nous diviserons ce que nous avons à dire sur ce sujet en deux paragraphes ; savoir,

Préparation mécanique de l'oxide d'étain retiré des mines (*mine-tin*);

Préparation mécanique de l'étain de lavage ou d'alluvion (*stream-tin*).

Préparation mécanique de l'oxide d'étain retiré des mines.

§ 45. — La préparation mécanique (*dressing*) du minerai d'étain est en général assez semblable à celle des autres minerais ; cependant on y remarque quelques différences dans les procédés, lesquelles ont été combinées d'après plusieurs caractères particuliers à ce minerai qu'il n'est pas inutile de retracer ici (1).

« 1°. L'oxide d'étain se trouvant, pour la plus grande partie, extrêmement disséminé dans la gangue, il faut que le tout soit bocardé et réduit en poussière très-fine pour permettre aux parties métalliques de se séparer parfaitement.

» 2°. Le poids du minerai d'étain étant plus grand que celui de la plupart des autres minerais métalliques, il est moins susceptible de se perdre par le lavage, et par conséquent il peut être préparé de manière à être presque complétement débarrassé de toutes les matières qui n'y restent pas adhérentes.

---

(1) Nous avons extrait ce passage d'un excellent mémoire de M. John Taylor sur la fonte des minerais d'étain dans le Cornouailles, inséré dans le 5e. vol. des *Transactions de la Société géologique de Londres*, p. 358, et dont une partie a été traduite dans les *Annales des Mines* de 1822.

» 3°. L'oxide d'étain n'étant pas altéré par une chaleur modérée, on peut le soumettre à une calcination, par laquelle la gravité spécifique des sulfures et des arséniures est diminuée et leur séparation rendue plus facile. »

Par suite de ces propriétés, on voit que le minerai d'étain doit d'abord être bocardé très-fin; qu'il peut être soumis sans inconvénient à des lavages réitérés, et qu'on facilite encore sa séparation des autres minerais par le grillage. Cependant le bocardage n'est pas la première opération que l'on fait subir aux fragmens qui sortent du filon, car parmi ces produits de l'extraction il y en a qui ne contiennent point d'oxide d'étain, et d'autres qui sont un mélange d'étain et de pyrite de cuivre. Il est donc indispensable de séparer ces différentes qualités.

Ce triage est toujours précédé d'un débourbage, qui, en enlevant les matières terreuses et ocreuses qui recouvrent ordinairement les pierres extraites de la mine, donne la facilité d'en mieux distinguer la richesse.

Débourbage.

§ 46. — Le *débourbage* s'exécute le plus ordinairement à l'entrée de la galerie d'écoulement en agitant le minerai dans le courant d'eau qui en sort. Quelquefois on se sert pour cette opération d'une grille sur laquelle on place le minerai à nettoyer.

Un courant d'eau très-fort, en tombant sur le minerai, entraîne les parties terreuses qui recouvraient sa surface.

§ 47. — Le minerai ainsi nettoyé est *trié*, sur la grille, en quatre tas, savoir : Triage.

A. Pierres riches en étain ;

A'. Pierres contenant à-la-fois du minerai d'étain et du minerai de cuivre ;

A''. Minerai de cuivre ;

A'''. Fragmens stériles. Ils sont composés en grande partie de gangue pierreuse, de pyrite de fer et de pyrites arsenicales ; on les rejette au tas de déblais inutiles.

Nota. Il y a plusieurs mines où le minerai d'étain n'est nullement mélangé de minerai de cuivre : le triage ne fournit alors que deux sortes de produits, A et A'''.

Les morceaux A', contenant du minerai de cuivre et du minerai d'étain, sont cassés avec une masse, et les fragmens qui en proviennent sont soumis à un nouveau triage qui donne des produits analogues à ceux que nous avons indiqués dans le premier triage, sous les lettres A, A'' et A''', et avec lesquels on les réunit.

Malgré le soin que l'on apporte à exécuter ce triage, les deux métaux sont quelquefois tellement mélangés, que l'on ne peut les séparer que par des opérations postérieures de la prépara-

tion mécanique ; encore arrive-t-il souvent que le schlich d'étain, quelque bien lavé qu'il puisse être, contient encore quelques particules de pyrite de cuivre.

Le minerai de cuivre A'' subit différentes opérations, que nous développerons ailleurs en traitant de la préparation mécanique du cuivre.

Bocardage. § 48. — Les fragmens stannifères A sont bocardés en sable plus ou moins fin, suivant la dissémination de l'oxide d'étain dans la gangue.

La détermination du degré de finesse du sable (*size*) est un objet d'une grande importance ; elle est réglée par une plaque de cuivre percée de petits trous, à travers lesquels passe tout ce qui sort du bocard, emporté par le courant rapide qu'on y dirige pour cet objet.

Cette plaque percée forme, comme on va le dire, la partie antérieure de l'auge du bocard.

Il y a peu d'années, tous les bocards étaient mus par des roues hydrauliques, ce qui limitait la quantité de minerai qu'on pouvait extraire d'une mine, d'après la force motrice de l'eau dont on pouvait disposer; mais depuis que la force de la vapeur est appliquée aux bocards, la quantité d'étain produite chaque année augmente dans une très-grande proportion. Des machines puissantes sont maintenant employées à cette opération sur plusieurs mines du Cor-

nouailles, particulièrement à celles appelées *Wheal vor*, *Great huas*, *Dolcoath*, *Poldice* et *Polgooth*. On retire actuellement de ces mines des quantités d'étain bien supérieures à celles qu'elles fournissaient autrefois. Sur la mine de *Huel vor*, il y a trois machines à vapeur destinées à faire mouvoir des bocards. Leur force est de 25 chevaux au moins (1).

Mines où ces machines sont en activité.

Les bocards, lorsqu'ils sont mis en mouvement par une roue hydraulique, sont composés seulement d'une ou de deux batteries; mais ils en ont jusqu'à seize quand c'est une machine à vapeur qui leur sert de moteur.

---

(1) Pour faire mieux connaître ces machines, nous allons indiquer quelques détails qui nous paraissent intéressans. Nous les extrayons d'un rapport publié, tous les mois, sur le produit et la dépense des différentes machines à vapeur en activité dans le Cornouailles.

L'une de ces machines, appelée *south stamps*, fait mouvoir 48 pilons; une seconde, appelée *old stamps*, en fait mouvoir 36; enfin une dernière en soulève 24.

Le poids des pilons varie de 186 à 195 kilog. (370 à 387 livres anglaises); ils sont généralement soulevés à $0^{m},266$ (10 pouces et demi anglais).

La machine dite *south stamps*, la plus forte des trois, donne 17,6 coups par minute, chaque pilon est soulevé deux fois par coup de piston.

D'après ces données, on peut calculer l'effet réel pro-

Chaque batterie est composée de trois pilons. Le pilon est une tige en bois armée à son extrémité d'une tête rectangulaire en fonte; il porte vers son milieu un mentonnet en bois. A chaque pilon répondent trois cames en fer implantées dans l'arbre qui reçoit l'action du moteur; les têtes des pilons sont un peu plus larges que les tiges. Elles laissent très-peu d'intervalle entre elles et remplissent presque exactement l'auge; leur plus grande dimension est dans le sens de la largeur de celle-ci. La partie intérieure de l'auge est formée par une plaque de cuivre percée d'un grand nombre de trous. Leur grandeur répondant à la grosseur du sable qu'on veut obtenir, on change cette plaque lorsqu'on veut en faire varier la grosseur. Sur le derrière du bocard, il existe un plan incliné d'environ 30

---

duit par cette machine, ce qui donne approximativement pour sa puissance une force de 25 chevaux.

La consommation de cette machine a été de 1062 bushels de houille pendant un mois : d'où l'on conclut qu'elle élève 2,843,634 kil. à un mètre par bushel de charbon qu'elle consume.

En comparant cette consommation avec celle des machines destinées à l'épuisement, on voit que les frottemens qu'éprouvent ces dernières sont moins considérables; car, pour un bushel de houille, elles élèvent moyennement 6,498,172 kilog. à un mètre de hauteur.

degrés, sur lequel on met le minerai à bocarder. A mesure que l'auge se vide, le minerai descend successivement par l'action de la pesanteur. Pour aider cette descente, on dirige dessus ce plan un courant d'eau, qui sert également à faire passer à travers les trous de la plaque le sable que ce minerai produit en se brisant par l'action des pilons.

Les eaux qui sortent du bocard passent d'abord dans des compartimens en bois, où elles abandonnent les sables les plus riches et les plus gros; de là elles se rendent dans les labyrinthes, où elles déposent les parties les plus fines ou *schlamms* : il s'ensuit que l'opération du bocardage donne les trois produits suivans :

B. Sable riche du bocard;

B'. Sable pauvre du bocard;

B''. Schlamms qui se déposent dans les bassins.

§ 49. Le sable B est lavé (*buddled*) dans une caisse allemande d'environ 5 mètres de long sur 1 mètre de large, très-peu inclinée. Il existe au haut de la table un compartiment ou caisse dans laquelle l'eau s'amasse et d'où elle sort en coulant en nappe sur la planche inclinée, qui forme le fond de la table. Lavage du sable du bocard.

Un enfant jette continuellement du minerai au haut de la table, tandis qu'un autre le remue et

le ramène toujours à l'action du courant. Les différentes substances qui composent le sable sont entraînées par l'eau et se déposent à des distances différentes, proportionnelles à leur pesanteur spécifique. Le minerai d'étain, le plus lourd de tous (sa pesanteur spécifique est de 63 à 70, celle de l'eau étant 10), reste à la partie supérieure. Les sulfures de fer, de cuivre et les pyrites arsenicales, dont la pesanteur spécifique moyenne est de 45, occupent la partie milieu de la table; enfin, au bas de la table s'accumulent les matières pierreuses, ainsi que les métaux plus légers, comme les oxides de fer, par exemple, dont la pesanteur spécifique n'excède pas 36. L'eau qui sort de dessus la table entraîne en outre avec elle une grande quantité de sable, composée presque entièrement de la gangue du minerai.

Ces séparations ne sont pas aussi nettes qu'il serait à désirer. Plusieurs circonstances tendent à les rendre imparfaites : par exemple, la différence de grosseur du sable est cause que des grains assez gros de pyrites restent à la tête de la table, tandis que des particules très-fines d'oxide d'étain sont entraînées par l'action du courant. Pour recueillir celles-ci, on a pratiqué des fosses (*slime-pits*), dans lesquelles les eaux se réunissent et les déposent avant de se perdre.

On obtient de ce lavage les quatre produits suivans :

C. Sable du haut de la table, très-riche en étain;

C′. Sable du milieu, contenant un peu d'oxide d'étain, des pyrites de fer, de cuivre et des pyrites arsenicales.

C′′. Sable du bas de la table, lavé seulement comme minerai de cuivre ;

C′′′. Schlamms ou boues un peu stannifères, recueillis dans les bassins.

Lavage du sable enrichi.

Le sable C est lavé une seconde fois sur la caisse allemande par une méthode analogue ; il donne encore quatre produits.

Le premier, D, est un schlich qui ne peut pas être lavé de nouveau sans perte d'oxide d'étain, lorsque le sable du bocard est riche. Il contient cependant encore quelques parties cuivreuses qu'on sépare à l'aide de la calcination, comme nous l'indiquerons plus tard; mais lorsque le minerai est pauvre, le sable obtenu dans ce second lavage doit être lavé une troisième fois pour y concentrer l'étain.

Les trois autres produits sont analogues à C′, C′′ et C′′′, et sont traités comme eux.

Le sable C′ est lavé, à deux reprises, sur une caisse allemande; il donne :

D′ du minerai d'étain très-mélangé de wol-

fram, et contenant une grande proportion de sulfures et d'arséniures.

Le second produit est analogue à C''.

Le sable C'', très-riche en sulfure de cuivre, est porté sur des tables dormantes couvertes de toiles, où des laveurs, munis de râbles, en séparent encore une certaine proportion de minerai d'étain qu'on rapporte aux caisses allemandes; ce qui est entraîné en bas des tables est traité comme minerai de cuivre.

Lavage des schlamms.

Le peu d'oxide d'étain que contient la boue ou schlamm C''', recueilli dans les bassins, ne pourrait être retiré si on lavait ces schlamms de la même manière que les sables du bocard; il serait entraîné par le courant d'eau avec les parties terreuses. On commence par le débourber dans une caisse plus courte et beaucoup plus étroite que pour le lavage du sable du bocard.

°. Débourbage sur une caisse à débourber (TRUNK-BOX).

Ce débourbage (en anglais *trunking*) se compose de deux opérations. La première a pour but de désagglutiner la boue; c'est-à-dire de lui faire perdre une ténacité pâteuse qu'elle possède, analogue à celle de l'argile; elle s'exécute dans un compartiment qui est à la partie supérieure de la caisse à débourber (*trunk-box*), et dans lequel le courant d'eau se rend d'abord pour tomber ensuite en nappe sur la table.

Un ouvrier remue continuellement avec un

râble ; les matières, très-divisées, se mettent en suspension dans l'eau, et les parties métalliques se déposent sur la table, tandis que la plus grande partie des substances terreuses est entraînée.

On parvient ainsi à concentrer les schlamms en diminuant beaucoup la proportion des matières terreuses avec lesquelles l'oxide d'étain y est mélangé.

Le schlamm enrichi, ainsi obtenu, est lavé sur les caisses allemandes, de la même manière que le sable sortant du bocard. Il donne un schlich d'étain plus ou moins mélangé de wolfram et de pyrites arsenicales et cuivreuses. 2°. Lavage du schlamm enrichi.

En général, les différens schlichs obtenus dans les lavages précédens contiennent une certaine proportion de substances métalliques, dont la pesanteur spécifique approche de celle de l'oxide d'étain, et qu'il est impossible de séparer par aucun mode de lavage ; mais ces substances sont pour la plupart décomposables par la chaleur rouge, que l'oxide d'étain supporte sans s'altérer : c'est cette propriété qu'on a mise à profit pour achever la purification de l'oxide d'étain.

§ 50. — L'atelier dans lequel on fait cette espèce de grillage s'appelle *burning-house* : il renferme un ou plusieurs fourneaux à réverbère, suivant l'importance de l'établissement. Grillage d[u] minerai d'étain.

Les dimensions de ces fourneaux de grillage

ne paraissent pas constantes ; elles varient dans des limites assez étendues. Sur la mine de *Pol-dice*, ils ont 3 à 4 mètres de long sur 2 mètres 60c. à 3 mètres de large. Leur sole (Pl. II, *fig.* 2 et 3) est horizontale ; la voûte, élevée à-peu-près de 0m.,65c. près du foyer, s'abaisse légèrement vers la cheminée. Il n'existe qu'une seule ouverture, qui est placée sur le devant ; elle se ferme par une porte en tôle qui roule sur des charnières : au-dessus de la porte il existe une cheminée, pour que les vapeurs sulfureuses et arsenicales qui s'échappent du fourneau n'incommodent pas les ouvriers. La cheminée communique à des tuyaux horizontaux, dans lesquels se condensent les vapeurs arsenicales.

On charge six quintaux de minerai ; cette calcination dure de 12 à 18 heures, suivant la quantité de pyrites contenues dans le minerai. Au commencement de l'opération on donne une chaleur modérée, puis on la pousse jusqu'au rouge sombre, et on l'y maintient pendant plusieurs heures. La porte est fermée ; on remue de temps en temps avec un râble en fer, pour l'empêcher de s'agglutiner, ce que les ouvriers appellent *to kern*, et exposer de nouvelles surfaces à l'action de la chaleur. On doit retourner le minerai d'autant plus souvent qu'il est plus mélangé de pyrites.

Dans cette opération, il se volatilise une quantité considérable de soufre et d'arsenic (1). Le premier paraît se consumer en grande partie, et le dernier est condensé dans de longs tuyaux horizontaux. Quand le minerai contient du fer oxidulé, il passe à l'état de fer oxidé au maximum, et est enlevé facilement par un lavage postérieur.

Lorsque le minerai est suffisamment calciné, ce qu'on reconnaît lorsqu'il ne s'en dégage plus de vapeur, on le retire et on l'expose pendant plusieurs jours à l'action de l'air, qui décompose les sulfures et les fait passer à l'état de sulfates. On porte alors ce minerai dans une cuve remplie d'eau, on le remue avec un râble en bois, puis on le laisse se déposer; le sulfate de cuivre qui s'est formé se dissout dans l'eau. Au bout de quelque temps, on retire cette eau chargée de sulfate de cuivre, et on la fait passer dans une autre cuve où l'on a mis de la vieille ferraille, laquelle décompose le sulfate de cuivre.

Quand l'eau a perdu tout le cuivre qu'elle contenait, ce que l'on juge en y plongeant un morceau de fer poli, on la remplace par de nouvelle eau provenant du lessivage dont on vient de parler;

(1) Ces cadmies arsenifères sont vendues à des établissemens où l'on en retire l'oxide d'arsenic.

on obtient par ce moyen du cuivre de cémentation. Lorsque l'opération a été bien conduite, presque tout le cuivre que contenait le minerai d'étain doit être obtenu à cet état.

Criblage et lavage du minerai d'étain calciné.

§ 51. — Le minerai d'étain est ensuite passé dans un crible pour en séparer les parties qui se sont agglutinées dans la calcination, soit par la fusion du soufre et de l'arsenic, soit par le mélange des résidus de la houille.

La partie qui reste sur le crible est bocardée, puis traitée comme du minerai d'étain riche.

Celle qui a passé à travers le crible est devenue facile à laver par l'altération produite dans la pesanteur spécifique des substances métalliques qui accompagnent l'étain. Ce lavage s'exécute sur des tables allemandes, sur des caisses à débourber ou sur des tables dormantes, suivant le degré de finesse du schlich. On obtient de ce lavage les produits suivans :

1°. Du schlich d'étain prêt à vendre, contenant de 50 à 75 pour 100 d'étain. Il est appelé *black-tin* (étain noir), par opposition à *white-tin* (étain blanc), nom de l'étain métallique.

2°. Une partie, qui s'accumule au milieu de la table, est très-mélangée de wolfram ; elle donne, par un lavage postérieur, un schlich contenant du wolfram. Il est appelé *mock lead* (*faux plomb*).

3°. Des déchets.

4°. Des schlamms ou boues que l'on recueille dans des labyrinthes, et qu'on débourbe dans les caisses à débourber; après quoi, on les lave dans des caisses allemandes.

Bocardage des déchets.

Les déchets qui contiennent du fer, du wolfram, etc., sont encore riches en étain, et comme il n'est plus possible de les laver sous cet état, on les bocarde pour les réduire en poussière très-fine : on leur ajoute pour ce bocardage des fragmens de quarz, afin de donner prise aux pilons du bocard sur les petits grains. Le sable qui provient de ce bocardage est lavé, et donne du *black-tin*.

Préparation mécanique de l'étain d'alluvion.

§ 52. — L'étain d'alluvion occupe le fond de certaines vallées, ou se trouve dispersé sur la surface de collines peu inclinées. Les galets d'étain qui le constituent sont disséminés dans du sable contenant des fragmens roulés de roches anciennes, telles que granite, etc. On soumet le sable à un lavage, qui s'exécute dans une caisse allemande de grande dimension. On place deux ou trois pelletées de sable au haut de la table; un ouvrier remue continuellement ce sable, et en expose toutes les parties à un courant d'eau assez fort, qui enlève les parties les plus légères.

Lavage du sable stannifère dans une caisse allemande.

Il remonte avec son râble les parties qui sont entraînées au bas de la table, afin qu'il n'y ait pas de perte de galets d'étain. Pour exécuter plus facilement ce travail pénible, l'ouvrier se place dans la table ; il est muni de bottes très-épaisses, qui empêchent l'eau de l'incommoder.

Le sable obtenu dans cette première opération est un mélange de galets de toutes dimensions, les uns très-petits, les autres de la grosseur du poing. Ces derniers ne sont pas composés d'oxide d'étain pur; ce minéral y est associé avec du quarz et d'autres substances pierreuses, qui prouvent d'une manière certaine que ces galets doivent leur origine à la destruction des filons stannifères; mais une circonstance très-remarquable, et que nous avons déjà indiquée § 32, c'est qu'ils ne contiennent pas de substances sulfureuses ou arsenicales.

Criblage des galets d'étain.

Ces galets sont séparés en deux lots, suivant leur grosseur, au moyen d'un crible. Les plus petits passent à travers le crible, les plus gros restent sur le crible : ceux-ci sont soumis à un triage en raison de leur richesse ; ceux qui sont composés d'oxide d'étain pur sont mis à part pour être fondus, les autres sont bocardés.

Lavage du sable du bocard.

Le sable qui provient de ce bocardage est très-riche et facile à laver, parce qu'il ne contient que des substances légères comparativement à l'oxide

d'étain. On le lave sur une aire plane analogue aux tables dormantes, mais dont la largeur est plus grande. L'ouvrier ne se sert que du râble pour effectuer cette opération.

Le sable qui a passé à travers le crible est encore mélangé de parties étrangères ; on l'amène à l'état de pureté en le lavant de la même manière que le sable donné par le bocardage des galets mélangés de matières de filons.

II. *Fonte du minerai d'étain.*

§ 53. — Les minerais d'étain du Cornouailles et du Devonshire sont tous traités dans le pays même, les lois défendant d'exporter de ces deux provinces aucun minerai d'étain ; les intérêts particuliers ne paraissent nullement lésés par cette prohibition, attendu que le combustible employé pour la fonte de ces minerais est tiré du pays de Galles, et que les vaisseaux qui l'ont apporté retournent à Swansea et à Neath chargés de minerai de cuivre.

Les fonderies appartiennent en général à des particuliers qui ne possèdent pas de mines d'étain, mais qui achètent de gré à gré les minerais aux exploitans.

§ 54. — Les minerais d'étain se paient à raison de leur teneur et de la pureté du métal qu'ils

Essai des minerais.

donnent, élémens qu'on détermine par un essai qui se fait de la manière suivante.

Lorsqu'on reçoit à une fonderie un certain nombre de sacs de minerai d'étain d'une même qualité, on en prend une petite portion dans chaque sac, et on mélange le tout de manière à obtenir un échantillon qui représente aussi exactement que possible la composition moyenne de la masse. On prend ensuite un poids déterminé de ce minerai, ordinairement 2 onces, auquel on ajoute une petite fraction de son poids de houille pilée (environ 4 pour 100); on met ce mélange dans un creuset de terre ouvert, et on le chauffe dans un fourneau à vent alimenté par du coak. Ce fourneau a environ $0^m,24$ de côté. On fait ordinairement tous les essais le même jour, de façon que le fourneau est très-chaud lorsqu'on met le creuset. L'essai dure à-peu-près un quart d'heure; au bout de ce temps, la réduction est opérée; on coule l'étain en lingots, et on verse le reste de la masse fondue dans un mortier de fonte, où on le pile pour en séparer par lavage les grenailles d'étain, qu'on pèse avec le lingot (1).

(1) Cette méthode de faire les essais est fort imparfaite; elle donne presque le même résultat que la fonte en grand. Les mêmes minerais que nous avons essayés au laboratoire

§ 55. — Le traitement des minerais d'étain s'opère par deux méthodes différentes.

Deux méthodes pour opérer la fusion de l'oxide d'étain.

Dans la première, on expose un mélange de minerai d'étain et de charbon sur la sole d'un fourneau à réverbère chauffé avec de la houille.

Dans la seconde, on fond le minerai d'étain dans des fourneaux à manche, alimentés par du charbon de bois. Cette dernière méthode n'est en usage que dans un petit nombre d'usines, pour obtenir une variété d'étain métallique très-pur, nommée en anglais *grain-tin* et en français *étain en larmes*, qui est réclamée pour les besoins de quelques arts, tels que la teinture, etc. On n'applique cette méthode qu'à du minerai d'alluvion (*stream-tin*).

Nous allons décrire successivement ces deux méthodes, après avoir fait précéder cette description de celle des fourneaux dont on fait usage dans l'une et dans l'autre.

---

de l'École des mines nous ont donné 4 et 5 pour 100 de plus. La méthode que nous avons employée consiste à les fondre dans un creuset brasqué, avec une addition de 5 pour 100 de borax vitreux. On commence par chauffer doucement pendant 1 heure environ; puis on augmente le feu pendant 1 heure, et on donne un coup de feu d'un quart d'heure. Cette méthode, qui est la meilleure pour faire les essais d'étain, a l'inconvénient de réduire le fer.

Description des fourneaux.

§ 56. — Les usines dans lesquelles on réduit et on affine l'étain au moyen de fourneaux à réverbère portent le nom de *smelting-houses* (ateliers de fonte) : on y voit deux espèces de fourneaux, ceux de fonte et ceux d'affinage.

Fourneaux à réverbère pour la fonte.

Les fourneaux à réverbère employés pour la réduction et la *fonte* des minerais d'étain (Pl. II, *fig.* 6 et 7) sont à une seule chauffe. La sole a environ $3^m,3$ de long sur $1^m,7$ à $2^m,2$ de large; la voûte est très-surbaissée ; dans son point le plus haut, qui est près de la chauffe, elle ne s'élève qu'à $0^m,50$ au-dessus de la sole. La grille, sur laquelle on ne brûle jamais que de la houille, a environ $0^m,7$ de large sur une longueur un peu moindre. La hauteur de la cheminée ne surpasse pas 8 à 10 mètres. Le fourneau présente trois portes ; savoir, une pour la chauffe, une pour la charge, placée sur le côté de la sole, et une troisième pour brasser la masse fondue et faire sortir les scories, placée à l'extrémité de la sole opposée à la chauffe, au-dessous de la cheminée. La sole est légèrement concave, et de son point le plus bas *a* (*fig.* 7) part un conduit, qui, passant sous la porte latérale de la chauffe, conduit à un bassin de réception en

briques *b*, qui se trouve en avant de cette porte ou à une chaudière en fonte, qui en tient la place. Ce conduit est bouché, pendant la fonte, avec un tampon d'argile ou de mortier ; on ne l'ouvre qu'à la fin de l'opération pour laisser couler l'étain.

Fourneau de raffinage.

§ 57. — Les fourneaux qui servent au raffinage de l'étain (Pl. II, *fig.* 5 *et* 6) (1) sont pareils à ceux qui servent à la fonte du minerai ; seulement ils présentent, à la place du bassin de réception dont nous venons de parler, un bassin d'affinage *c* placé à côté, et dans lequel l'étain se rend par le canal *d*. Ce bassin a environ 1m,3 de diamètre et 0m,80 de profondeur ; il est construit en briques ou remplacé par une chaudière de fonte (*kettle*), sous laquelle se trouve une grille destinée à recevoir du feu : cette dernière disposition paraît préférable. Au-dessus du bassin d'affinage se trouve une potence tournante, dans laquelle passe une tige de fer verticale, susceptible de monter et de descendre ; cette tige porte,

---

(1) Les fourneaux à réverbère servant à la fonte et ceux employés pour le raffinage étant entièrement semblables, quant au massif principal, on a réuni sur les mêmes figures 5 et 7 le bassin de réception *b* et le bassin de raffinage *c*, afin de n'être pas obligé de donner séparément le dessin de ces deux fourneaux.

à son extrémité inférieure, un châssis également en fer, dans lequel on peut enchâsser des bûches de bois qu'on fait entrer dans le bain de métal, et qu'on y maintient en amenant la potence au-dessus, faisant descendre la tige et la fixant dans cette position.

Fourneau à manche pour le traitement de l'étain de lavage.

§ 58.—Les usines dans lesquelles on emploie les fourneaux à manche portent le nom de *blowing-houses*, qu'on peut traduire par celui d'*usines à vent* ou *à soufflets*.

Les fourneaux à manche, dans lesquels la fonte s'exécute, ont $4^m,92$ de hauteur depuis le fond du creuset jusqu'au gueulard qui est placé à la naissance d'une cheminée longue et étroite, interrompue par une chambre où se déposent les poussières métalliques emportées par le courant d'air. Cette chambre n'est pas placée verticalement au-dessus du fourneau, ce qui oblige à donner une direction oblique à la partie inférieure de la cheminée. Le massif du fourneau est bâti en briques; il forme un prisme à base carrée, un peu moins large que haut. Le gueulard, sensiblement rond, a $0^m,40$ de diamètre. Nous n'avons pu obtenir de renseignemens bien positifs sur la forme intérieure du fourneau. Il paraît que la chemise est formée d'un cylindre en fonte vertical, revêtu d'argile, et présentant une ouverture pour le passage du

vent : cette ouverture, qui correspond à la face latérale opposée à celle au-dessus de laquelle on charge, reçoit une tuyère dans laquelle se rendent les buses de deux soufflets à piston en fonte à simple effet, mus par une roue hydraulique; elle se trouve à une petite hauteur au-dessus de la sole du fourneau. Au niveau de cette sole, le cylindre présente une échancrure au-dessous de laquelle se trouve le bassin de réception, qui est hémisphérique, et placé en partie au-dessous du vide intérieur du fourneau et en partie extérieurement; la paroi antérieure du fourneau présente une rentrée qui paraît avoir pour objet de le découvrir le plus possible, et de faire qu'on ait moins à démolir lorsqu'on a une réparation à faire dans l'intérieur. Près de l'angle du massif se trouve un second bassin de réception plus grand que le premier, qui peut se décharger dedans par une rigole légèrement inclinée ; le dernier a près d'un mètre de largeur sur $0^{m},60$ de profondeur ; enfin, non loin de ce dernier bassin, on en voit un troisième, d'environ $1^{m},30$ de diamètre sur $0^{m},80$ de profondeur, qui sert au raffinage. Tous ces bassins sont en briques ou en fonte de fer.

Fonte d'étain au fourneau à réverbère.

§ 59. — On traite à la houille dans des fourneaux à réverbère tous les minerais d'étain extraits des mines (*mine-tin*), et même une partie de ceux qu'on retire par lavage des sables d'alluvion (*stream-tin*). On mélange soigneusement, en les stratifiant par lits minces, dans une caisse en bois, les divers minerais (1) qu'on doit fondre, et on a soin d'acheter des divers minerais dans une proportion propre à donner un mélange d'une richesse constante et d'une pureté déterminée. La richesse est ordinairement telle qu'on obtient douze parties et demie à treize d'étain de vingt parties de minerai (62 $\frac{1}{2}$ à 65 pour 100). Quant à la pureté, elle dépend de la quantité de matières ferrugineuses, cuivreuses et arsenicales qui restent mélangées aux minerais. On forme deux qualités de mélange, dont chacune a un degré de pureté constant : nous ne connaissons pas exactement la différence des mélanges ni celle de l'étain qu'ils donnent ; mais nous savons qu'ils correspondent aux deux variétés d'étain commun, appelées *block-tin* et *refined-tin*, qu'on obtient dans les fourneaux à réverbère.

Richesse moyenne du minerai d'étain.

(1) Ces minerais contiennent de 50 à 75 pour 100 d'étain, suivant l'opération d'où ils proviennent.

Le traitement du minerai d'étain dans ces fourneaux se compose de deux opérations, le *fondage* et le *raffinage*.

Première opération. — Désoxidation du minerai d'étain et fonte de l'étain.

§ 60. — Avant d'introduire le minerai dans le fourneau de fusion, on le mélange avec de la houille sèche (*stone coal*) (1) en poudre, qu'on nomme *culm*. On se sert de charbon le moins bitumineux possible, parce qu'il ne s'agglutine pas ; la quantité de *culm* qu'on ajoute dépend de la qualité du minerai qu'on fond, et varie d'un quinzième à un dixième, ou même d'un huitième du poids du minerai. On y ajoute quelquefois un peu de chaux éteinte (*slacked lime*) ; cette addition a pour but de rendre le minerai plus fusible : on mélange avec soin ces matières ensemble, et on les humecte pour rendre leur charge plus facile, et empêcher que le courant d'air en entraîne pendant les premiers momens.

(1) Cette variété de houille fait partie du bassin houiller du Glamorgan; elle est la base d'une exploitation considérable aux environs de Neath. Elle est très-peu bitumineuse, et a tous les caractères extérieurs de l'anthracite.

Poids de la charge.

On charge 12 et quelquefois 16 quintaux de minerai à-la-fois. Lorsque la charge est faite, on ferme exactement toutes les portes, on les lute et on chauffe graduellement. Si la température était trop forte dans le commencement, l'oxide d'étain se combinerait au quarz de la gangue et formerait un émail. On continue à chauffer durant 6 à 8 heures, pendant lesquelles on n'ouvre pas les portes, et par conséquent on ne remue pas le minerai. Au bout de ce temps, la fonte est en général terminée; on enlève alors la porte du fourneau, et on brasse la masse fondue pour achever de séparer l'étain des scories et reconnaître si l'opération est suffisamment avancée. Lorsqu'on s'est assuré que la fonte est terminée, on fait sortir les scories par cette même porte, au moyen d'un râble de fer, et on les partage en trois classes : celles de la première classe A, qui forment au moins les trois quarts de la totalité, sont aussi pauvres qu'on puisse les rendre, et sont rejetées; les scories de la deuxième classe B, qui contiennent quelques petites grenailles d'étain, sont envoyées au bocard; celles de la troisième classe C, qu'on arrache les dernières de dessus la surface du bain d'étain, et qui contiennent une quantité considérable de ce métal en grenailles et en larmes, sont mises à part pour

Scories.

être refondues; ces dernières sont très-peu abondantes (1).

Après avoir enlevé les scories, on débouche le conduit qui mène au bassin de réception, dans lequel l'étain coule et se rassemble : on l'y laisse reposer pendant quelque temps, afin que les scories qui peuvent se trouver encore mêlées au métal s'en séparent par l'effet de la différence de pesanteur spécifique. Lorsque l'étain est suffisamment reposé, on le prend avec des poches pour le verser dans des moules de fonte, dans chacun desquels on a fixé un morceau de bois destiné à ménager dans le lingot un trou qui sert à le retirer lorsqu'il est refroidi.

---

(1) Les scories qui sont bocardées contiennent plus de 5 pour 100 d'étain métallique.

L'essai de ces différentes scories nous a indiqué qu'elles contenaient au moins 10 pour 100 d'étain en combinaison, et qu'elles pourraient encore être retraitées avec avantage dans un fourneau à manche, ainsi qu'on le fait en Saxe. Il est vrai que la quantité de scories qu'on obtient en Angleterre est très-petite, au plus 12 pour 100 (70 d'étain correspondent à-peu-près à 88 pour 100 d'oxide pur); tandis qu'en Saxe on obtient une quantité de verres terreux au moins égale à la masse de minerai fondu.

Raffinage de l'étain.

Raffinage de l'étain.

§ 61.—Cette opération a pour objet de séparer de l'étain, aussi complétement que possible, les métaux qui se réduisent et s'allient avec lui. Ces métaux sont principalement le fer, le cuivre, l'arsenic et le tungstène, auxquels se joignent en petite proportion des sulfures et des arséniures qui ont échappé à la décomposition, un peu d'oxide d'étain non réduit, et même quelques matières terreuses qui n'ont pu rejoindre la masse des scories.

Liquation.

Le raffinage de l'étain se compose de deux opérations. La première est une liquation qui, à l'intérieur, s'opère dans un fourneau à réverbère pareil à ceux qui sont employés pour la fusion du minerai (Pl. II, *fig.* 5 et 6). On range les saumons d'étain sur la sole du fourneau, près de l'autel, et on les chauffe modérément. L'étain fond, et coule dans le bassin de raffinage : au bout de quelque temps, les saumons cessent de donner de l'étain, et laissent sur la sole un résidu formé d'un alliage très-ferreux.

On range alors de nouveaux saumons sur les restes des premiers, et on continue ainsi jusqu'à ce que le bassin de raffinage soit suffisamment rempli; sa grandeur est telle qu'il contient 5000 kilogrammes d'étain, correspondant à environ

cinq tonnes anglaises. Les résidus sont mis à part pour être traités ainsi que nous l'indiquerons § 63.

Alors commence la seconde partie du raffinage. On enfonce dans le bain d'étain des bûches de bois vert, au moyen de l'appareil décrit plus haut § 57, et représenté dans la *fig.* 5, Pl. II. Le dégagement de gaz auquel ce bois donne lieu produit un bouillonnement constant dans l'étain, et amène à sa surface une espèce d'écume, qui permet aux parties les plus impures et les plus lourdes de se précipiter au fond. L'écume, composée presque entièrement d'oxide d'étain et de métaux étrangers, principalement de fer, est enlevée et rejetée à mesure dans le fourneau. Lorsqu'on juge que l'étain a suffisamment bouilli, on retire le bois vert et on laisse reposer le bain. Il se sépare en différentes zones : les supérieures sont les plus pures; celles du milieu sont chargées d'un peu de métaux étrangers, et les inférieures en sont très-mélangées. Lorsque l'étain commence à se refroidir, et qu'on ne peut plus espérer que la séparation des diverses qualités devienne plus parfaite, on le prend avec des poches et on le coule dans des moules de fonte. On conçoit que l'ordre dans lequel les différens saumons ont été obtenus est celui de leur pureté; ceux qui proviennent du fond du

Raffinage proprement dit.

bassin sont même ordinairement tellement impurs, qu'ils doivent être soumis de nouveau au raffinage, comme s'ils provenaient directement du minerai.

Durée du raffinage.

L'opération du raffinage dure 5 à 6 heures; savoir, une heure pour remplir le bassin, 3 heures pour faire bouillir l'étain avec du bois vert, et une ou 2 heures pour le laisser reposer.

Autre méthode de raffinage appelée TOSSING.

§ 62. — Souvent à l'ébullition artificielle dont nous venons de parler on substitue une opération plus simple, appelée *tossing*. Pour l'effectuer, un ouvrier prend de l'étain dans une poche et le laisse retomber dans la chaudière, d'une certaine hauteur, de manière à agiter toute la masse. Il renouvelle cette opération continuellement pendant un certain temps; après quoi, il écume avec soin la surface du bain. On verse ensuite l'étain dans des moules, à moins qu'il ne soit trop impur. Dans ce cas, pour compléter la séparation des métaux, on entretient l'étain à l'état de fusion dans la chaudière, pendant un certain temps, sans l'agiter: par ce moyen la partie supérieure du bain (au moins la moitié) est assez pure pour être livrée au commerce.

Les moules dans lesquels on coule l'étain sont ordinairement en granite. Leur capacité est calculée de manière que chaque saumon pèse un peu plus de trois quintaux. Ces saumons portent

le nom de *blocks* : de là vient que l'étain commun est désigné dans le commerce sous le nom de *block-tin*. La loi exige qu'ils soient marqués (*coined*) (1) par les officiers publics avant d'être mis en vente ; le *block-tin* le plus pur, soit qu'il doive sa pureté à celle des minerais dont il a été extrait, soit que cette pureté dépende du soin qu'on a mis dans le raffinage ou de l'époque à laquelle il a été extrait du bassin, porte le nom de *refined-tin*.

Le traitement que nous venons de décrire donne lieu à deux résidus stannifères qui doivent être retraités. Ce sont :

1°. Les scories B et C, qui, ainsi que nous l'avons indiqué § 60, contiennent des grenailles d'étain.

---

(1) Avant d'apposer cette marque, qui indique la qualité de l'étain, et donne ainsi une garantie au commerce, l'officier public essaie sa qualité ; cet essai consiste simplement à examiner le grain du métal quand on le coupe ou qu'on le casse, et la manière dont il s'étend sous le marteau. C'est à la suite de cet essai qu'est fixée la quantité d'étain fabriquée, et par conséquent le droit que le gouvernement prélève. Ce droit, qui n'est que de quelques schellings par quintal, n'est pas très-onéreux par lui-même ; mais il le devient souvent par la manière dont il est perçu, attendu que la marque ne s'appose pas dans les usines, mais seulement à Truro, et que les frais de transport sont considérables dans ce pays montagneux.

2°. Les crasses que l'on obtient sur la sole du fourneau à réverbère, en refondant l'étain pour le raffiner.

Nous allons indiquer successivement le procédé que l'on emploie pour retirer l'étain de ces résidus.

Traitement des scories.

§ 63. —Les scories C qu'on arrache de dessus le bain d'étain avant de le faire couler, et qui contiennent beaucoup de grenailles et de larmes d'étain, sont mises à part pour être fondues sans autre préparation. Les scories B, retirées avant les précédentes, contiennent aussi des grenailles d'étain, mais en moins grande proportion; elles sont envoyées au bocard, pour y être soumises à une suite de bocardages et de lavages dont le but est de concentrer les grenailles dans une petite quantité de scories. Ce mélange riche, qu'on fond isolément pour obtenir l'étain qu'il contient, porte le nom de *prillion*. L'étain qu'il produit est de qualité très-inférieure; ce qui se conçoit facilement, attendu que le métal qui forme ces grenailles est celui qui, étant moins fusible que l'étain pur, se solidifie promptement et ne peut pas se réunir au bain métallique.

Fonte des scories riches et des grenailles d'étain.

Chaque fonderie fait, tous les trois mois, une campagne de quelques semaines. En la commençant, et lorsque les fourneaux ne sont pas encore échauffés, on fond les scories C et les gre-

nailles (*prillion*) mentionnées ci-dessus, qui ont été obtenues pendant la campagne précédente : on commence par les scories riches C. Pendant ces opérations, les fourneaux parviennent à-peu-près à la température permanente qu'ils doivent conserver pendant toute la durée de la campagne, et on peut commencer immédiatement après à fondre du minerai. On continue ensuite la série des fondages jusqu'à ce qu'on ait épuisé l'approvisionnement de minerai, sans arrêter les fourneaux même le dimanche.

Repassage des crasses de liquation.

§ 64. — Chaque saumon d'étain qu'on soumet à la liquation laisse sur la sole du fourneau à réverbère un résidu formé d'un alliage d'étain, de fer, et de quelques autres métaux qui sont moins fusibles que l'étain sensiblement pur. Lorsque tous les saumons qu'on voulait liquater ont subi cette opération, on augmente le feu pour fondre les résidus qu'ils ont laissés, et on fait couler l'alliage qui en provient dans un petit bassin totalement distinct du bassin de raffinage. Cet alliage ayant reposé pendant quelque temps, la partie supérieure est coulée en saumons comme étain impur qui a besoin d'un nouveau raffinage. Il se dépose au fond du bassin et sur ses parois un alliage blanc, aigre, à cassure cristalline, qui contient une si grande proportion de métaux étrangers, qu'on n'en peut tirer aucun parti.

Il en est de même d'un nouveau résidu, infusible même à la température actuelle du fourneau, qui reste encore sur la sole.

Nous n'avons pu connaître la dépense en combustible pour chaque opération; mais nous savons que l'on consomme environ 3,580 kilogr. de houille pour obtenir 2030 kilogr. (2 tonnes) d'étain.

Fonte de l'étain au fourneau à manche.

§ 65. — Ce mode de fusion, dans lequel on n'emploie que du charbon de bois, a pour objet d'obtenir de l'étain au maximum de pureté auquel on puisse parvenir en grand. On ne soumet à ce traitement que les meilleurs minerais provenant des *stream-works*, ou lavages de sables d'alluvion.

Ces lavages sont généralement bien exécutés. L'oxide d'étain n'est mélangé que de quelques nodules de fer hématite, et il est sur-tout parfaitement exempt de toutes matières sulfureuses ou arsenicales. Il serait en conséquence inutile de le griller; aussi ne le fait-on jamais.

La fonte s'opère sans addition; seulement, dans quelques cas, on ajoute au minerai des résidus des opérations précédentes.

Nous n'avons pu obtenir de renseignemens

précis sur la quantité de charbon de bois brûlée pendant cette opération; mais nous savons qu'on évalue approximativement la dépense totale à 1600 kilog. pour une production de 1000 kilog. d'étain fin.

Le temps des charges n'a rien de bien fixe; on n'a d'autre règle que d'entretenir le fourneau plein. On ne jette pas d'eau sur le gueulard, comme cela se pratique en Saxe; mais on supplée à cette précaution en recevant dans une chambre décrite ci-dessus § 58 les poussières entraînées par le courant d'air.

L'étain réduit est d'abord reçu dans le premier bassin, puis coulé dans le second, où on le laisse reposer quelque temps. Les scories qui coulent dans le premier bassin sont enlevées à mesure qu'elles se figent. Ces scories sont divisées en deux classes; savoir, celles qui retiennent encore de l'oxide d'étain et celles qui ne contiennent plus ce métal sous cet état, mais seulement quelquefois en grenailles. Le bain métallique se divise, par le repos de masse, en zones horizontales de divers degrés de pureté; les parties les plus mélangées et les plus lourdes tombent naturellement au fond du bassin. L'étain qui forme les zones supérieures, jugé suffisamment pur, est transvasé, au moyen de poches, dans le bassin d'affinage qui a été préala-

blement chauffé, et sous lequel, s'il est en fonte, on entretient un feu modéré. L'étain qui occupe le fond du bain est toujours coulé à part pour être ensuite refondu; quelquefois même, quand le fourneau donne de l'étain très-impur, on n'en transvase aucune portion dans le second bassin; mais tout ce qui arrive dans le premier bassin est coulé en saumons destinés à être rejetés dans le fourneau à manche.

Affinage de l'étain.

§ 66. — Lorsque le bassin d'affinage est suffisamment rempli, on y produit une ébullition artificielle en y plongeant du bois vert ou du charbon imbibé d'eau; ce qui fait venir à la surface, sous la forme d'une espèce d'écume, le minerai non réduit et les substances pierreuses, tandis que les parties les plus lourdes se séparent du reste et se réunissent au fond. Lorsque l'ébullition a duré un temps convenable (une heure à une heure et demie), on retire le bois vert et on écume la surface du bain d'étain, qui doit présenter un éclat particulier et très-vif. On laisse la masse reposer pendant quelque temps, ce qui permet aux parties inégalement pures de se séparer encore plus complétement, et quand elle est refroidie jusqu'à un certain point, on la coule en saumons, en puisant toujours l'étain à la surface du bain. De cette manière, presque tout ce qu'il y a d'impuretés dans le bain se trouve

dans les derniers saumons, qui doivent être refondus ; les autres, destinés à être livrés au commerce, sont envoyés à un bureau, où, après avoir constaté leur degré de pureté et perçu le droit de la couronne, on les frappe d'une marque.

§ 67. — Ils ne reçoivent le plus souvent aucune autre préparation avant d'être livrés au commerce. Quelquefois cependant on chauffe le métal au point seulement de le rendre fragile : alors on l'élève à une assez grande hauteur ; après quoi, en le laissant tomber, la masse se réduit en fragmens, qui présentent une agglomération de grains allongés ou de *larmes ;* ce qui a fait donner à cette espèce d'étain le nom de GRAIN-TIN en anglais et d'*étain en larmes* en français. GRAIN-TIN, étain en larmes.

§ 68. — Les scories qui sont encore riches en oxide d'étain sont refondues; quant à celles qui renferment des grenailles métalliques, elles sont bocardées et lavées; le résultat du lavage est aussi fondu. La fonte de ces résidus, ainsi que celle de l'étain impur, s'opère dans le même fourneau à manche que celle du minerai. On charge concurremment des proportions convenables de ces substances, auxquelles on joint, suivant les circonstances, une proportion plus ou moins grande de minerai. Refonte des scories.

§ 69. — En récapitulant la dépense au fourneau à manche et au fourneau à réverbère, nous Comparaison entre le travail au

fourneau à réverbère et celui au fourneau à manche.

trouvons que le fourneau à manche donne environ 66 pour 100 d'étain en fondant du minerai d'alluvion, dont la richesse est de 75 à 78 pour 100 : donc

1000 kilogr. d'étain dépensent 1600 (§ 65) kilog. de charbon de bois, et donnent une perte de 15 pour 100, ou 150 kilogrammes.

Dans le travail au fourneau à réverbère, on estime que du minerai dont la teneur moyenne est de 70 pour 100, d'après un essai exact, donne 65 pour 100 à la fonte en grand.

Quant à la consommation en charbon, nous avons vu (§ 64) que 2030 kilogr. (2 tonnes) de minerai dépensent environ 3,580 kilogram. (3 tonnes $\frac{1}{2}$) de houille, quantité qui correspond à une consommation de 170 à 180 kil. de houille, pour une production de 100 kilogr. d'étain. D'après ces données, on peut facilement calculer la dépense d'un fondage et le prix auquel l'étain revient au fondeur, en sachant toutefois que la valeur du minerai est moyennement de 1250 fr. (50 livres sterlings) par 1015 kilogr. (1 tonne) de minerai (1).

(1) Le prix du minerai d'étain varie avec le prix de l'étain. En 1824, le minerai de qualité inférieure coûtait 750 francs (30 livres sterlings) les 1015 kilog., tandis que le plus pur valait 1500 francs (60 livres sterlings).

Donc 1000 kilog. d'étain obtenus au fourneau à réverbère dépensent :

	EN NATURE.	EN ARGENT.	
1556 kilogr. de minerai valant		1943 fr.	75 c.
1750 kilogr. de houille (1)		21	85
Dépense en main-d'œuvre, frais (2) de direction, intérêt d'argent, etc.. . . .		78	15
		2043 fr.	75

En comparant ces résultats, on voit qu'au fourneau à manche la perte en étain est de 15 pour 100, tandis qu'elle n'est que de 5 au fourneau à réverbère. La dépense en combustible est aussi relativement beaucoup moins forte par ce dernier procédé ; car on consomme 175 kilogr. de houille pour avoir 100 kilog. d'étain, tandis que l'on brûle 160 kilogr. de charbon de bois pour obtenir la même quantité d'étain au four-

(1) Le prix de la houille est de 12 fr. 50 (10 schellings) par 1015 kilog. (1 tonne).

(2) La dépense en main-d'œuvre, en combustible, en frais de direction, intérêt de l'argent, etc., est évaluée à 100 francs (4 livres sterlings) par 1015 kilogr. (1 tonne) d'étain fabriqué ; mais comme nous connaissons très-approximativement la quantité de houille consommée, on peut regarder l'évaluation de 78,15 francs comme exacte pour ces frais généraux.

neau à manche, et l'on sait qu'une partie de charbon correspond à-peu-près pour l'effet à 2 de houille : on peut donc conclure que sous le rapport de l'économie du combustible et de la dépense en minerai tout paraît être en faveur de l'emploi des fourneaux à réverbère. Nous ajouterons encore une considération qui doit faire préférer cette méthode sous le rapport de l'économie, c'est que l'opération est beaucoup plus simple et qu'elle se fait presque seule.

Comparaison du travail à la houille avec la fonte au charbon de bois à Altenberg.

§ 70.—Si nous comparons le travail à la houille, en Cornouailles, avec celui au charbon de bois pratiqué à Altenberg, nous parviendrons au même résultat. En effet, dans l'excellent mémoire de M. Manès, inséré dans les *Annales des Mines* de 1823(1), nous voyons, page 870, que 2,041 quintaux d'étain métallique ont consommé 3,507 corbeilles de charbon. Le volume d'une corbeille correspond à $0^m,443$ mètres cubes, et son poids peut être évalué à 82 kil. 39. On en conclura donc qu'un millier métrique (1 tonne environ) dépensera 2820 kilogrammes de charbon de bois, tandis qu'en Cornouailles la même quantité d'étain n'exige que 1750 kilogr. de houille. En observant

(1) Dans ce mémoire, M. Manès établit ainsi qu'il suit le prix auquel l'étain revient au fondeur, et qui correspond d'une manière singulière avec celui que nous avons indi-

que le charbon de bois donne un effet plus grand que la houille, on voit que la dépense en combustible est presque triple à Altenberg.

La perte en étain est également plus considérable dans cette dernière contrée. En effet, du minerai contenant 65 pour 100 à l'essai n'a donné, au petit fourneau, que 53 pour 100 : d'où il suit qu'il y a eu une perte de 12 pour 100, et du minerai contenant 61 et demi pour 100 a produit 55 au grand fourneau ; ce qui correspond à une perte de 7 et demi pour 100.

Ces résultats sont confirmés par la richesse des scories : en effet, les scories qu'on rejette à

---

qué plus haut pour la fonte au fourneau à réverbère dans le Cornouailles.

2 quintaux 72 centièmes, correspondant à 138 kilogr. d'étain, coûtent :

	écus.	gros.	fr.
En frais d'extraction et de roulage intérieur	27	12	109,96
Frais de transport au jour et de préparation mécanique	21	18	86,94
Frais de fondage du schlich	1	6	4,88
Frais généraux	20	»	80
	70	12	281,78

Ce qui donne pour les dépenses de 1000 kilog. une dépense de 2,041 francs ; tandis que, dans le Cornouailles, la même quantité d'étain occasionne une dépense de 2,043 francs.

Altenberg contiennent, d'après un essai que M. Berthier a eu la complaisance de nous communiquer, 58 pour 100 de matière métallique, composée d'environ 60 pour 100 de fer et 40 pour 100 d'étain (1) : d'où il suit que les scories renferment environ 16 pour 100 d'étain métallique.

Les scories obtenues par le travail au fourneau à réverbère, dans une usine de Truro et dans une autre située près de Penzance, ne nous ont donné que 12,40 à l'essai (2) : d'où il s'ensuivrait que leur richesse est moindre que celle des scories d'Altenberg, et que par conséquent, sous le rapport de la perte en étain et de la consomma-

(1) Cet étain est allié avec une très-petite quantité de tungstène.

(2) On a essayé, par la méthode indiquée à la note, § 54, 30 grammes de scories avec une addition de 5 gr. de calcaire correspondant à 2,80 de chaux.

Le poids du culot total que l'on a obtenu était de 30 gr. 35 au lieu de 32,80. La partie métallique, qui pèse 9 gr. 30, est composée à-peu-près de 5 gr. 58 de fer et 3 gr. 72 d'étain. En calculant l'oxigène avec lequel ces métaux étaient combinés dans les scories, on trouve que la perte en oxigène est de 2 gr. 14, dont un gr. 62 pour le fer et 0,52 pour l'étain ; ce qui, ajouté au culot total, donne 32,49, correspondant à très-peu-près au poids de la matière essayée.

Il suit de là que ces scories contiennent 31 pour 100 de matière métallique et 12,40 pour 100 d'étain.

tion en combustible, il paraît constant que le travail au fourneau à réverbère est plus économique que celui au fourneau à manche.

Il reste une question très-importante à décider, c'est de savoir quelle est l'influence de ce procédé sur la qualité de l'étain que l'on obtient. Il paraît certain que dans les arts on préfère, pour quelques usages, l'étain obtenu avec le charbon de bois à celui obtenu avec de la houille. Cette supériorité dans la qualité de l'étain tient-elle entièrement à la pureté des minerais que l'on traite au fourneau à manche, ou dépend-elle en partie du contact du charbon de bois? C'est ce que nous n'osons décider, et ce que l'expérience seule pourra prouver. Mais cette dernière supposition a quelque apparence de vérité quand on se rappelle qu'il existe une différence, non encore expliquée, entre le fer fabriqué avec du charbon de bois et celui fabriqué à la houille, et que, dans les dernières opérations du raffinage du cuivre, on a toujours soin de mettre ce métal en contact avec du charbon de bois.

§ 71. — Nous terminerons cet article sur la fabrication de l'étain en Cornouailles, en faisant connaître les quantités d'étain qui ont été produites par les mines de cette province pendant les dernières années :

		en blocks ou saumons.	en kilogr.
1817.	Étain commun *Commun-tin*..	21,986 blocks. . .	3,622,950
	Étain fin. *Grain tin*. ..	3,393.	559,132
	Total.	25,379 blocks, ou..	4,182,082
1818.	Étain commun.	19,273 blocks. . . .	3,179,204
	Étain fin. . . .	3,775.	622,565
		23,048	3,801,769
1819.	Étain commun.	17,025 blocks. . .	2,805,423
	Étain fin. . . .	1,856.	305,830
		18,881	3,111,253
1820.	Étain commun.	15,338 blocks . . .	2,527,443
	Étain fin. . . .	1,746.	287,714
		17,084	2,815,157
1821.	Étain commun.	17,022 blocks. . .	2,805,024
	Étain fin.	2,251.	370,932
		19,273	3,175,956

QUATRIÈME PARTIE.

I. Lieux où l'on exploite le minerai de cuivre dans les îles britanniques.

§ 72. — Dans la première partie de cette notice nous avons fait connaître le gisement du cuivre en Cornouailles et en Devonshire. Pour compléter notre travail, nous allons indiquer succinctement les différentes localités où l'on exploite ce métal dans les Iles Britanniques. Ce complément nous paraît d'autant plus indispensable que le Cornouailles ne présente qu'un des modes de gisement du cuivre, celui en filons dans les terrains anciens; tandis que ce métal se trouve, dans les Iles Britanniques, dans plusieurs espèces de gîtes, et même dans deux terrains distincts:

Savoir, 1°. dans des terrains de transition très-anciens ou primitifs, présentant des granites, des schistes argileux verdâtres, analogues aux stéa-schistes de Cherbourg, et souvent des roches talqueuses et serpentineuses. C'est dans ce terrain que se trouvent les mines de cuivre du Cornouailles et du Devonshire; c'est également dans

ce terrain que sont en outre exploitées les mines de l'île d'Anglesey, du nord du pays de Galles, du Westmoreland, et des parties adjacentes du Lancashire et du Cumberland, du Sud-ouest de l'Écosse, de l'île de Man et du Sud-est de l'Irlande. Ce gisement produit la plus grande partie du cuivre que fournissent annuellement les Iles Britanniques. Les minerais de ce métal s'y trouvent quelquefois en amas et plus souvent encore en filons.

2°. Dans le calcaire appelé par les géologues anglais *calcaire métallifère*, calcaire qui se trouve compris parmi ceux que les géologues du Continent nomment *calcaire de transition*, et qui paraît correspondre en particulier au calcaire bleu de la Belgique et au calcaire de Pierreville dans le département de la Manche. La mine d'*Ecton* dans le Staffordshire, et celle de *Cross-gill-burn* près d'Alston-moor, dans le Cumberland, appartiennent à ce terrain.

Les minerais retirés de ces deux sortes de gisemens sont toujours des pyrites de cuivre plus ou moins mélangées de pyrites de fer; elles sont accompagnées assez habituellement de cuivre sulfuré, et quelquefois, mais très-rarement, de cuivre oxidulé, carbonaté, arséniaté, phosphaté et muriaté. Ces dernières espèces minérales sont très-rares dans ces contrées, et ne peuvent nul-

lement y être mises au nombre des minerais de cuivre.

La presque totalité des minerais de cuivre exploités dans les lieux que nous venons d'énumérer, et dont nous allons donner une description succincte en suivant un ordre géographique, sont transportés à Neath et à Swansea, sur la côte méridionale du pays de Galles, pour y être fondus.

§ 73. — *Cornouailles et Devonshire* : nous nous bornerons à rappeler ici que les minerais de cuivre se rencontrent, dans ces contrées, en filons presque toujours dans le schiste argileux, talqueux ou amphibolique, le plus souvent verdâtre, nommé *killas* dans le pays (voir § 22). Mines de cuivre du Cornouailles et du Devonshire.

§ 74. — L'exploitation du cuivre dans l'*île d'Anglesey* remonte à une époque très-reculée. Il paraît que les Romains connaissaient la mine de *Hamlet* près de Holy-head ; mais son exploitation, suspendue pendant très-long-temps, ou poussée avec peu de vigueur, n'a été reprise avec activité que depuis environ cinquante ans. Cette mine fournit annuellement plus de 80,000 quintaux métriques de cuivre métallique. Sa position sur le bord de la mer rend l'exploration de ses produits ainsi que son approvisionnement très faciles. Elle tire le charbon de terre du bas- Mine de cuivre de l'île d'Anglesey.

sin houiller du Flintshire, qui n'en est distant que de quelques milles.

Gisement. Le terrain dans lequel existe le gîte métallifère est un schiste argileux verdâtre, passant au schiste talqueux. Cette roche est associée avec de la serpentine et de l'euphotide. Le minerai de cuivre (1) y forme plusieurs veinules ou filons, qui courent dans toutes les directions; il est souvent accompagné de quarz, mais le plus souvent il est mélangé avec le schiste argileux, qui constitue le terrain. Cette circonstance tend à nous faire croire que ce gisement du cuivre est analogue à celui d'Irlande, c'est-à-dire qu'il est contemporain au terrain. Ces veinules ont d'un à deux mètres de puissance ; elles convergent vers un point, où leur réunion a donné une masse considérable de minerai. C'est sur cet amas qu'on a d'abord ouvert la mine par une excavation à ciel ouvert, qui a maintenant plus de 70 mètres de profondeur, et présente l'aspect d'un vaste entonnoir. Le mode d'exploitation consiste à suivre, au moyen de galeries ouvertes à différens niveaux sur le flanc de l'excavation, les différentes vei-

---

(1) M. Victor Frère-Jean, qui a visité l'île d'Anglesey en 1824, a eu la complaisance de nous communiquer ces renseignemens.

nules, qui courent dans toutes les directions et divergent d'un centre comme autant de rayons. Le minerai, ayant subi dans ces galeries un premier triage à la main et au marteau, est élevé, au moyen d'un treuil à bras, sur le sommet de la colline, où on achève de le nettoyer au moyen du cassage et du criblage.

Les eaux sont peu abondantes dans cette mine ; elles sont élevées au moyen d'une machine à vapeur de la force de six chevaux. Une grande partie de ces eaux sont chargées de sulfate de cuivre ; elles sont alors envoyées dans des bassins où l'on a placé de la ferraille ; le sulfate de cuivre se décompose et donne du cuivre par cémentation.

Le minerai de cuivre d'Anglesey est un mélange de pyrite de fer et de pyrite de cuivre analogue au minerai de Saint-Bel près Lyon. Il est très-pauvre, ne contient que 2 ou 3 pour 100 de cuivre, et comme la quantité de soufre qu'il renferme est considérable, on en recueille une certaine portion en grillant le minerai.

Le grillage se fait en plein air sur une aire que l'on a dressée d'avance ; on dispose sur cette surface des briques de manière à faire plusieurs canaux horizontaux et deux ou trois cheminées dans la longueur du tas de grillage, qui a ordinairement de 7 à 8 mètres de long sur 4 à 5 de

large et 2 de hauteur. On donne au tas la forme d'une pyramide tronquée, et on pratique sur sa crête un canal qui s'étend dans toute sa longueur, et qui communique à des canaux inclinés, qui sillonnent les longs côtés du tas. Ces différens conduits, construits en briques, se rendent dans une voûte dont les dimensions sont à-peu-près d'un mètre de large sur deux de haut. On recouvre avec de la terre toute la surface du tas de grillage, à l'exception des parties réservées pour les canaux ; on introduit dans la partie inférieure de la tourbe pour mettre le feu au tas. Au bout d'un certain temps, lorsque le feu s'est communiqué dans toutes les parties du tas, il n'est plus nécessaire de mettre de tourbe ; le soufre qui brûle suffit seul pour alimenter la combustion. Le soufre, qui se volatilise, ne pouvant traverser la couche de terre qui recouvre le tas, est obligé de s'échapper par les canaux, d'où il se rend dans la voûte que nous avons indiquée, et s'y condense sous la forme de fleurs.

Ce grillage dure 9 mois ; il donne une quantité de soufre assez considérable, je crois 10 pour 100 de celle que contient le mélange des pyrites. Il y a aussi une assez grande quantité de cuivre réduit.

Le minerai provenant de ce grillage est fondu

dans des fourneaux à réverbère : cette opération correspond exactement à la fonte du minerai grillé, ainsi que nous la décrivons dans le traitement du cuivre (§ 103). La seule différence est dans la dimension des fourneaux, qui est beaucoup moindre ici que dans le pays de Galles; on ne peut y charger que 1000 kilog. au plus, tandis que dans les autres la charge est de 1500 kil. Cette différence dans les dimensions provient sans doute de la différence dans la fusibilité du minerai : on n'ajoute pas de fondans, attendu qu'il y a une quantité assez considérable de quarz, qui forme avec l'oxide de fer un silicate, et ne dissout pas du tout d'oxide de cuivre. De cette opération, on obtient une matte qu'on grenaille et que l'on grille ensuite; elle subit alors une suite de grillages, de fontes et de rôtissage analogue à ce que nous indiquerons, en décrivant le traitement métallurgique du cuivre.

Le cuivre de cémentation est ajouté à la 2e. fonte ; on ne le fond pas avec le cuivre prêt à être raffiné, parce qu'il est mélangé d'une très-grande quantité d'oxide de fer, et qu'il est nécessaire, pour le débarrasser de ce métal, de le combiner avec du soufre.

Outre le minerai provenant de l'île même, on fond dans cette usine du minerai de l'Irlande, qui est entièrement analogue à celui-ci.

Mines de cuivre du Westmoreland et des parties adjacentes du Lancashire et du Cumberland.

§ 75. — Le *Westmoreland et les parties adjacentes du Lancashire et du Cumberland* renferment plusieurs mines de cuivre. La plupart sont analogues à celles de l'Irlande et d'Anglesey, c'est-à-dire qu'elles sont ouvertes sur des veinules qui courent dans tous les sens dans le schiste, et sont contemporaines au terrain ; mais il en existe d'autres en filons. De ce nombre est celle exploitée aux environs de Keswick : ce filon coupe les feuillets d'un schiste argileux gris verdâtre, analogue au killas du Cornouailles ; sa gangue est quarzeuse. Le minerai de cuivre est principalement pyriteux ; cependant elle fournit une quantité de cuivre carbonaté vert assez grande pour qu'on le recueille à part. Nous en avons vu des tas destinés à la fonte.

On retire annuellement de cette mine une quantité de minerai correspondant à 15 ou 16 tonnes de cuivre métallique (de 15,000 à 16,000 kilogr.). Ce minerai est transporté à Swansea.

Mine de cuivre de Cross-gill-burn près d'Alston-moor en Cumberland.

En filons dans le calcaire métallifère.

§ 76. — *Environs d'Alston-moor en Cumberland.* Ce canton, si connu par la richesse des mines de plomb qu'il renferme, offre aussi une mine de cuivre à *Cross-gill-burn*, distant de quelques milles Sud-est d'Alston-moor. Les pyrites cuivreuses qui font l'objet de l'exploitation se trouvent dans un filon qui traverse le calcaire métallifère et les grès et argiles schisteuses qui lui

sont subordonnés. Ce filon renferme aussi du plomb sulfuré; mais il n'appartient pas au système de filons plombifères, sur lequel la plupart des exploitations sont ouvertes. La gangue est de quarz, ce qui fait que la masse du filon, plus résistante que le calcaire et le grès, dans lesquels elle est encaissée, reste en saillie sur la surface de la bruyère, et forme, sur le massif de montagnes arrondies qui se trouvent au Nord-est de celle de Crossfell, une arête qu'on peut suivre en ligne droite sur une grande longueur, dans la direction du Nord-ouest au Sud-est. La forme de cette masse de filon, jointe à sa grande étendue, l'a fait nommer par les mineurs l'*épine du dos de la terre* (*the back bone of the earth*).

Ce filon occasionne un grand dérangement dans les couches qu'il traverse; au Nord-est, elles sont à un niveau beaucoup plus bas qu'au Sud-ouest. Parmi celles qui se trouvent au Sud-ouest, on remarque une couche de trapp, appelé dans le pays *whin-stone*, qu'on n'aperçoit pas au Nord-est, soit qu'elle s'y trouve à un niveau trop bas pour être atteinte par les torrens, soit qu'elle n'y existe pas. La principale exploitation ouverte sur ce filon est à *Cross-gill-burn*, entre Alston-moor et Tyne-head, sur la Tyne. On exploite au moyen d'une galerie d'allongement, par laquelle des chevaux traînent le minerai jusqu'au jour dans

de grands chariots ou chiens roulant sur un chemin de bois. La préparation mécanique se fait à-peu-près de la même manière qu'en Cornouailles. Le minerai est transporté de là à Newcastle, où on l'embarque pour Swansea.

Mine de cuivre d'Ecton en Staffordshire.

§ 77. — *Confins du Staffordshire et du Derbyshire.* On exploite une mine de cuivre à *Ecton* en Staffordshire, sur les limites du Derbyshire. Le filon, qui paraît avoir beaucoup d'analogie avec celui qu'on exploite à *Cross-gill-burn*, près d'*Alston-moor*, traverse le calcaire métallifère: on en a retiré autrefois des quantités considérables de minerai de cuivre. Avant 1770, ce minerai était fondu à *Denby* en Derbyshire, parce qu'on croyait que la houille de cet endroit était plus particulièrement propre à cette opération. A cette époque, on établit une usine à *Whiston* en Staffordshire, pour fondre et raffiner le minerai d'Ecton; cette usine fut considérablement augmentée en 1780, et l'année suivante elle produisait 12 tonnes (environ 12,000 kilogr.) de cuivre raffiné par semaine.

Le dépôt principal de minerai de cuivre de la mine d'Ecton paraît être maintenant à-peu-près épuisé; mais les épaisses parois du filon et les veinules et petits filons ou filets qui s'y ramifiaient en grand nombre, et que les mineurs ont négligés, pendant que le dépôt principal leur

offrait une moisson beaucoup plus abondante ; donnent encore une quantité considérable de minerai de plomb et assez de minerai de cuivre pour produire environ une tonne (environ 1000 kilogr.) de ce métal par semaine à l'usine de Wishton.

Le mélange de minerai et de matières pierreuses, apporté hors de la mine dans des chariots (*tram-waggons*), reçoit des mineurs le nom de *browse*. On le divise, sur la halde même, en se servant d'un gros crible, en morceaux pierreux, qu'on rejette, morceaux mélangés de roche et de substances pierreuses cristallisées, contenant des grains et des filets de minerai qu'on appelle *hannaway*, morceaux de minerai massifs appelés *goods*, et menues parties qui passent à travers le crible, et qu'on appelle *fell*. Ces trois dernières qualités sont cassées au marteau et brisées à la batte (*bucker*) par des femmes et des enfans, puis lavées et criblées au moyen de cribles ordinaires. Les matières très-ténues sont lavées sur des cribles à mailles très-fines (*lue*), par-dessus les bords desquels on laisse couler l'eau, qui emporte les petites particules terreuses dans une fosse dite *buddle hole*.

Il faut beaucoup de dextérité, et des caisses construites avec beaucoup de soin, pour séparer, par l'opération dite *buddling*, les minerais de

cuivre et de plomb mêlés ensemble en particules très-fines.

Les minerais de cuivre portés à l'usine de Wishton y sont traités au fourneau à manche, suivant une méthode peu différente de celle qui sera décrite plus loin.

Quelques mines de plomb du Derbyshire produisent de très-petites quantités de minerai de cuivre.

Mines de cuivre de l'Écosse.

§ 78. — *Écosse* (1). L'Écosse proprement dite n'avait jamais produit une quantité de minerai de cuivre digne de fixer l'attention du mineur. En 1819, on a découvert une mine de ce métal à *Cally* près de *Gate-house-in-fleet*, petite ville du *Kircudbrightshire*, située sur la route de Dumfries à *Port-Patrick*.

Dans tous les environs, le terrain est formé d'un *killas* (roche schisteuse) qui, sous tous les rapports, ressemble à celui du Cornouailles. On connaissait déjà quelques filons métallifères dans cette contrée, mais ils ne contenaient pas de cuivre. Un ouvrier, en travaillant à la terre à

---

(1) Extrait d'une notice lue, le 15 décembre 1820, par M. John Taylor, à la Société géologique de Londres, et imprimée dans le premier volume de la nouvelle série de ses *Transactions*.

Cally, découvrit des pyrites cuivreuses, qui éveillèrent l'attention. Dans l'endroit même où elles avaient été trouvées, on creusa un puits, qu'on approfondit jusqu'à 15 à 16 mètres de profondeur, en poussant en même temps des galeries de part et d'autre dans une direction Est et Ouest. Ces divers travaux donnèrent une certaine quantité de minerai ; le filon ne se montra pas très-régulier dans ces premières recherches ; il n'était pas réglé, et se divisait en branches qui présentaient quelquefois 6 ou 8 pouces de minerai solide; mais elles ne se soutenaient pas. On les avait suivies de l'Est à l'Ouest, sur une longueur d'environ 100 fathoms, et leurs branches paraissaient converger l'une vers l'autre en descendant, de manière à rendre probable leur réunion dans la profondeur.

En août 1820, l'eau était si abondante dans le filon, qu'on jugea nécessaire de commencer une galerie d'écoulement. A cette époque, on avait embarqué pour Swansea environ 40 tonnes (40 mille kilogr. environ) de minerai de cuivre, qu'on estimait valoir près de 15 livres sterlings (375 francs) la tonne, et il y en avait 20 ou 30 (20,000 à 30,000 kilog.) prêtes à recevoir la même destination. Ce produit est assez considérable, vu le peu d'étendue des travaux et le peu de dépense qu'on y a fait.

Le minerai est riche, c'est un mélange de pyrites jaunes panachées et de malachite.

Dans une des îles Shetland, les plus reculées de cet archipel qui environne l'Écosse, on avait découvert un filon de cuivre dans une roche calcaire. On avait ouvert des travaux et établi une machine à vapeur: on a assuré que les produits avaient été pendant quelque temps assez considérables; mais cette exploitation est abandonnée en ce moment.

Mines de cuivre de l'Irlande.

§ 79. — Les principales mines de cuivre de l'Irlande (1) sont celles de *Cronebane* et *Tigrony*, et de *Ballymurtagh*, ouvertes sur les bords de la rivière *Ovaca*, à 10 milles Sud-ouest de Wicklow, dans le comté du même nom. Elles sont connues depuis long-tems, mais leur exploitation ne date que de 1757.

Elles sont exploitées dans un terrain de schiste argileux et de schiste argilo-quarzeux. Ces roches présentent, dans tous les environs, des substances métalliques en particules disséminées, en veines, en filons et filets (*strings*) contemporains et en bancs épais. Ces derniers sont principalement composés de pyrites de cuivre et de fer.

---

(1) Extrait d'un mémoire de M. Veaver, vol. IV des *Transactions de la Société géologique de Londres*.

Les couches de ces schistes argileux du comté de Wiklow se dirigent du Nord-est au Sud-ouest, et plongent du côté du Sud sous un angle d'environ 50°.

Elles reposent sur du micaschiste, lequel recouvre des granites, qui se montrent sur une étendue considérable, depuis les environs de Dublin jusque sur la côte méridionale à l'Ouest de Waterford.

Au contact du granite et du micaschiste, ces deux roches sont traversées par des filons contenant de la galène et quelquefois des pyrites cuivreuses, mais qui n'ont donné naissance à aucune exploitation importante de l'un ni de l'autre métal.

Ces terrains schisteux de Wiklow renferment des couches subordonnées de schiste argileux, tendre en décomposition, dont la couleur varie du gris ou du jaune clair à un noir foncé. Les mineurs donnent à cette roche le nom de *soft ground* (roche molle).

Elles contiennent un grand nombre de particules de pyrites, le plus souvent ferrugineuses, quelquefois cuivreuses, ou, plus rarement, arsenicales, et elles sont généralement mélangées d'une quantité considérable d'argile d'un blanc jaunâtre.

Autant qu'on a pu en juger par les travaux

d'exploitation, la puissance de ces couches varie de 6 à 28 mètres, et elles s'étendent, suivant leur direction, à une distance indéterminée ; quelques-unes ont été suivies sur une longueur de plus de 200 mètres ; dans la profondeur, elles deviennent ordinairement plus compactes et moins altérées. Dans chacune de ces couches, on trouve un ou plusieurs amas parallèles l'un à l'autre de pyrites de cuivre ou de simples pyrites de fer, qui varient en épaisseur, et acquièrent quelquefois une puissance de plusieurs mètres.

Mines de Cronebane et Tigrony.

Ce sont des couches de ce genre qui forment le principal objet d'exploitation des mines de *Cronebane* et *Tigrony*, où on en a rencontré cinq. L'une d'elles n'a présenté que des pyrites de fer; deux autres contiennent, chacune, un banc de minerai de plusieurs pieds d'épaisseur, consistant en un mélange à grains fins de galène, d'antimoine sulfuré et de blende, avec des pyrites de cuivre, de fer et arsenicales. Ces substances forment ensemble des masses très-dures et très-solides; mais comme aucun métal n'y domine, on n'a pu les exploiter avec avantage. Dans les deux dernières couches, on a trouvé beaucoup de minerai de cuivre; ce minerai était du cuivre noir (*black copper ore*) (1), qui, dans les parties

(1) Nous pensons que par *black copper ore* on veut dire

plus profondes, passait à la pyrite cuivreuse : il était accompagné de pyrites de fer près de l'affleurement; et quelquefois jusqu'à 80 mètres de profondeur, on ne trouvait que de l'oxide de fer brun.

L'une de ces deux couches contenait de l'argent aurifère; dans l'autre masse, qui était la plus productive, l'épaisseur du minerai massif a varié de 2 à 6 mètres; il existait en outre des veines minces parallèles de minerai, alternant avec le schiste argileux adjacent à une certaine distance; ces veines n'étaient accompagnées ni de quarz, ni de substances pierreuses cristallisées d'aucune espèce.

Les parties les plus productives de la couche ont donné, dans certains cas, par chaque fathom cubique (8 mètres cubes) exploité, de 10 à 15 tonnes de minerai vendable, dont la teneur variait de 5 à 7 pour 100 de cuivre.

On a aussi trouvé des couches de pyrites de fer dans le schiste argileux non altéré et dans le schiste argilo-quarzeux. Leur épaisseur variait de quelques pieds à quelques fathoms; des lits minces et des filets déliés de pyrites de cuivre

---

du cuivre oxidé résultant de la décomposition des pyrites. On connaît un minerai semblable à Saint-Bel près Lyon.

et de pyrites de fer y sont également très-fréquens. De la galène et de la blende ont été rencontrées quelquefois dans des circonstances analogues, et aussi disséminées en petites portions dans les couches de pyrites cuivreuses et de pyrites de fer.

Le schiste argilo-quarzeux est en outre traversé par des filons contemporains de quarz, renfermant des minerais de cuivre donnant de 10 à 12 pour 100 de ce métal; ils sont accompagnés quelquefois de cuivre azuré terreux et assez souvent de chlorite. Ils se ramifient à leurs extrémités dans la roche, ou quelquefois se réunissent entre eux; ils forment alors des masses qui ont jusqu'à 4 mètres de puissance, et présentent une épaisseur de minerai d'un mètre à deux mètres; mais ils sont rarement productifs sur une longueur de plus de 60 mètres.

Les minerais de cuivre que fournissent ces mines sont du cuivre pyriteux, des pyrites de fer un peu cuivreuses, et rarement du cuivre sulfuré. Quelques-uns de ces gîtes présentent du cuivre natif dans une gangue quarzeuse.

Il paraît que le cuivre pyriteux et le fer sulfuré cuprifère sont également abondans. Le premier de ces minerais, quand il a été préparé, contient de 8 à 9 pour 100 de cuivre: le second est fort pauvre; souvent il ne donne pas plus

d'un pour 100 de cuivre, et jamais plus de 5. Nous n'avons vu que cette dernière variété de minerai d'Irlande dans les usines de Swansea.

Les mines de Cronebane ont donné :

Produit des mines de cuivre de Cronebane.

De 1787 à 1799, 7,533 tonnes de minerai, (environ 7,645,995 kilog.), contenant, moyennement, 8 $\frac{25}{28}$ pour 100; ce qui fait environ 670 tonnes de cuivre métallique, ou 680,050 kilog. pendant ces douze années. Il existait un droit de 16 schellings et 6 pences (20 fr. 60 c.) sur chaque tonne des minerais d'Irlande à son importation en Angleterre.

De 1799 à 1811, le produit a été de 19,342 tonnes $\frac{1}{2}$ (19,532,737 kilog.) de minerai, rendant 5 $\frac{5}{12}$ pour 100; ce qui fait 1,046 tonnes $\frac{1}{2}$ de cuivre métallique, ou 1,062,197 kilog. de cuivre métallique.

En 1808, on a extrait 2,576 tonnes $\frac{1}{2}$ de minerai (2,615,147 kilog.). A cette époque, le prix du minerai de cuivre d'Irlande baissa beaucoup; ce qui a fait aussi beaucoup diminuer l'activité des exploitations : aussi, dans les années suivantes, le minerai extrait à Cronebane n'a pas excédé quelques centaines de tonnes.

Cuivre de cémentation.

Les eaux qui coulent des mines sont chargées de sulfate de cuivre. On les recueille, et on en précipite le cuivre par le fer : on obtient par ce procédé, annuellement, de 180 à 210 (environ

180,000 à 210,000 kilog.) tonnes de cuivre cémenté, contenant 33 pour 100 de cuivre métallique ; ce qui fait un produit de 60 à 70 tonnes (environ 60,000 à 70,000 kilogr.).

On a extrait du soufre, sur les lieux, des pyrites de cuivre, en les grillant dans des fourneaux.

Mine de Ballymurtagh.

A Ballymurtagh, sur la rive droite de l'Ovaca, il a existé une exploitation considérable de cuivre durant une partie du dernier siècle. Le propriétaire, M. Phalley, y a acquis une grande fortune ; mais les dernières spéculations ont été sans succès, quoique les anciennes excavations, qui sont à environ 60 mètres au-dessous du niveau de la rivière d'Ovaca, soient exemptes d'eau.

Il existe encore en Irlande quelques autres mines de cuivre, mais elles sont de très-peu d'importance.

Mine de Longhshinny dans le terrain de transition.

On cite une ancienne mine de cuivre à *Longhshinny*, sur le rivage de la mer. Elle était exploitée dans des roches de transition, telles que grauwacke, schiste argileux, grunstein, etc. Le minerai était une pyrite cuivreuse, riche, et se trouvait, à ce qu'il paraît, dans de petits filons contemporains de quarz.

Filon de cuivre dans le calcaire métallifère.

On a aussi exploité un filon de minerai de cuivre qui traversait le calcaire métallifère, près

de Beaupark, à peu de distance de la Boyne, dans la partie septentrionale du comté de Meath.

§ 80. — Pour donner une idée de la richesse relative des différentes contrées qui contiennent des mines de cuivre, nous plaçons à la suite de cette notice un tableau indiquant la quantité de cuivre métallique produite dans la Grande-Bretagne pendant cinq années, depuis 1818.

ABLEAU *indiquant la quantité de cuivre métallique produite en Angleterre, en Écosse et en Irlande, depuis 1818 jusqu'en 1822.*

	1818.		1819.		1820.		1821.		1822.	
	Tonnes. (1).	Kilog.	Tonnes.	Kilog.	Tonnes.	Kilog.	Tonnes.	Kilog.	Tonnes.	Kilog.
ornouailles.	6,714	6,814,710	7,214	7,322,210	7,364	7,474,460	8,163	8,285,445	9,331	9,470,965
evonshire..	438	444,570	433	439,495	417	423,255	483	490,245	537	545,055
taffordshire (Ecton)	200	203,000	180	182,700	236	239,540	110	111,650	38	38,570
nglesey.	633	642,495	564	572,460	561	569,415	604	613,060	738	749,070
utr. parties du pays de Galles...	90	91,350	60	60,900	40	40,600	39	39,585	55	55,825
ommersetshire. . .	»	»	»	»	3	3,045	28	28,420	»	»
umberland et Westmoreland....	»	»	»	»	20	20,300	18	18,270	21	21,315
lande....	120	121,800	116	117,740	174	176,610	257	260,855	738	749,070
cosse.	»	»	»	»	5	5,075	12	12,180	11	11,165
	8,195	8,317,925	8,567	8,695,505	8,820	8,952,300	9,714	9,859,710	11,469	11,641,035

(1) La tonne pèse 1,015 kilog.

Il résulte de ce tableau que le Cornouailles fournit, à lui seul, plus de quatre fois autant de cuivre que tout le reste des Iles Britanniques, et que le Cornouailles, le Devonshire et le Sommersetshire réunis, produisent plus des sept huitièmes de la totalité.

§ 81. — Pour mettre le lecteur à portée de se former une idée du développement que l'exploitation du cuivre a pris dans les Iles Britanniques depuis un demi-siècle, nous plaçons ici un tableau des produits des mines de cuivre du Cornouailles depuis l'année 1771 jusqu'à 1822 inclusivement. Ce tableau indique les quantités de cuivre métallique et de minerai tant en tonnes qu'en kilogrammes, et les valeurs du cuivre en livres sterlings et en francs, afin de pouvoir se prêter à tous les genres de comparaisons.

Quantité de cuivre produite dans la Grande-Bretagne, depuis 1771 jusqu'à 1822.

	MINERAI.		CUIVRE MÉTALLIQUE.		Livres sterlings.	Francs.
	Tonnes.	Kilogrammes.	Tonnes.	Kilogrammes		
De 1771 à 1781.....	28,185	28,627,775	3,380	3,430,700	174,281	4,357,025
1781 à 1791.....	32,854	33,346,810	4,123	4,184,845	200,530	5,013,250
1791 à 1801.....	48,034	48,754,510	4,083	4,144,245	403,398	10,084,950
1801 à 1811.....	67,533	68,545,995	6,060	6,150,900	606,373	15,159,325
1811 à 1816.....	78,237	79,410,555	7,181	7,288,715	74,126	1,853,150
1816.....	83,058	84,303,870	7,045	7,150,675	541,737	13,543,425
1817.....	75,816	76,953,240	6,608	6,707,120	422,426	10,560,650
1818.....	80,525	81,732,875	6,714	6,814,710	587,977	14,699,425
1819.....	92,234	93,617,510	7,214	7,322,210	728,032	18,200,800
1820.....	92,672	94,062,080	7,364	7,474,460	620,347	15,508,675
1821.....	98,803	100,285,045	8,163	8,285,445	628,832	15,720,800
1822.....	106,723	108,323,845	9,331	9,470,965	676,285	16,907,125

II. *Préparation mécanique des minerais de cuivre en Cornouailles et en Devonshire.*

§ 82. — Sur les exploitations du Cornouailles et du Devonshire, le minerai subit d'abord, soit dans la mine même, soit au jour, un premier triage à la main, qui a pour but de séparer tous les morceaux dont la grosseur est plus que double de celle de deux noix.

Triage de grosseur.

§ 83. — Parmi les gros morceaux ainsi choisis, on casse au marteau les plus gros pour les ramener au volume des plus petits.

Triage de richesse des gros morceaux.

Ils subissent alors un second triage à la main, dans lequel on classe les fragmens en quatre lots, suivant leur plus ou moins grande richesse; savoir :

A (1). Fragmens de *minerai massif;* ils sont cassés à la batte, pour être réduits en morceaux plus faciles à fondre.

B. Fragmens de *minerai riche*, c'est-à-dire peu mélangé de matières étrangères; ils sont cassés à la batte, puis criblés.

C. Fragmens de *minerai pauvre;* on les bo-

(1) Nous avons désigné par des lettres les différens lots de minerai, pour pouvoir les rappeler brièvement dans la description des autres opérations qu'ils subissent.

carde pour en retirer les parties métalliques par le lavage.

D. Parties uniquement pierreuses; elles sont rejetées.

Cassage du minerai massif A.

§ 84. Le minerai massif A est brisé à coups de batte, de manière à ce qu'il n'y reste pas de fragmens plus gros qu'une grosse noisette ; une grosseur plus considérable serait peu convenable au traitement métallurgique auquel le minerai doit être soumis. La batte dont on se sert dans cette opération consiste en une plaque de fer d'environ $0^m,15$ de côté et $0^m,03$ d'épaisseur, adaptée à un manche de bois. On place le minerai à briser sur une plaque de fonte carrée, d'environ $0^m,40$ de côté sur $0^m,04$ d'épaisseur. Ces plaques de fonte sont placées sur le bord d'un massif d'environ un mètre de haut, construit partie en pierres sèches et partie en terre. La surface supérieure de ce massif est un peu inclinée de l'arrière à l'avant. Le travail est exécuté par des femmes, qui sont armées, chacune, d'une batte : le minerai est placé devant elles, en arrière des plaques de fonte ; elles le font arriver sur ces plaques, l'y brisent, et le font tomber à leurs pieds quand il est suffisamment concassé. Le minerai massif ainsi brisé ne subit aucune autre préparation avant d'être vendu aux usines.

Cassage du minerai riche B.

§ 85. — Le minerai riche B, qui est mélangé

d'une proportion notable de matières pierreuses, est cassé à la batte de même que le minerai massif, afin qu'on puisse séparer par le criblage et le lavage les parties riches de celles qui doivent être rejetées.

§ 86. — Le menu minerai provenant du premier triage à la main, indiqué ci-dessus § 82, est criblé sur un gros crible en fils de fer simplement entrelacés, formant des mailles rectangulaires, dont la surface est environ la sixième partie d'un pouce carré. Un homme agite ce crible chargé de minerai dans une petite fosse que traverse un courant d'eau. Par cette opération, le minerai se divise en trois portions; savoir : Criblage du minerai menu.

1°. Les fragmens E, plus petits qu'une grosse noisette, qui passent à travers le crible; mais qui, étant trop lourds pour être entraînés par l'eau, restent dans la fosse. Ces fragmens sont criblés de nouveau, en même temps que le minerai riche B après qu'il a été cassé.

2°. Les parties les plus fines F, que l'eau entraîne, et qu'elle dépose ensuite dans les bassins qu'elle est forcée de traverser en s'écoulant.

3°. Les fragmens de la grosseur d'une noisette à celle de deux noix, qui restent sur le crible. Ces derniers sont posés sur une table, et le cribleur, aidé de deux femmes, les soumet à

un triage à la main, analogue à celui qui a été indiqué ci-dessus (§ 84), pour les morceaux plus gros. Ceux qui nous occupent sont de même séparés en quatre lots; savoir :

Le minerai massif A et le minerai riche B, qui sont envoyés à l'atelier de cassage à la batte; le minerai pauvre C, qu'on envoie au bocard, et enfin les fragmens purement pierreux D, qui sont rejetés.

econd criblage des inerais ries E et B.

§ 87. — Le minerai E (§ 86), qui s'est déposé dans la fosse sous le gros crible, est soumis à un second criblage.

On crible de même les minerais B (§ 84 et 85) après qu'ils ont subi l'opération du cassage à la batte.

Les cribles qu'on emploie à cette nouvelle opération sont plus fins que ceux dont nous avons parlé ci-dessus; ils présentent vingt à trente ouvertures par pouce carré. Après avoir chargé un de ces cribles, un ouvrier l'agite convenablement dans une cuve pleine d'eau, en le tenant par deux poignées que présentent ses bords. Les parties les plus fines E du minerai tombent dans la cuve, et ce qui reste sur le crible se trouve partagé, par suite du mouvement auquel on l'a soumis, en trois parties; savoir,

La partie supérieure D, très-pauvre, qui est rejetée.

La partie moyenne (BC), qui, suivant sa richesse et la grosseur de ses parties, est envoyée à l'atelier de cassage, ou au bocard, ou bien est divisée par un lavage subséquent auquel on la soumet. Ce lavage, qui s'exécute sur une aire plane, donne deux parties B et C, qu'on envoie séparément l'une au cassage et l'autre au bocard.

Enfin, la partie inférieure A, qui est riche, et qu'on laisse s'accumuler sur le crible pendant plusieurs opérations successives.

§ 88. — Lorsqu'il s'est accumulé dans la cuve une quantité plus ou moins grande de minerai fin E, on le retire et on le lave sur une aire plane traversée par un courant d'eau et sur une petite caisse à deux compartimens, que traverse également un courant d'eau ; on en extrait par le lavage les parties les plus grosses E, qu'on recrible ainsi qu'il va être dit. Quant aux parties fines F, qui restent tant sur l'aire plane que dans la caisse, on les traite comme nous l'indiquerons plus bas pour les parties des produits des bocards connues sous le nom de *schlamm* (en anglais *slime*), auxquelles elles ressemblent par leur finesse et leur richesse.

Lavage sur une aire plane du minerai fin E.

§ 89. — Pour achever la préparation du minerai E qu'on en a séparé, on en charge une certaine quantité sur le crible, recouvert d'un lit de minerai riche A, résultant des criblages précé-

Criblage du minerai E.

dens, et on l'agite doucement. Dans cette nouvelle opération, il vient à la surface de petits fragmens pierreux D′, qu'on rejette. On trouve ensuite au-dessous des fragmens pauvres (B′, C′), qu'on envoie au bocard; enfin, le minerai riche A, dont la quantité a été un peu augmentée, recouvre la surface du crible. Il est suffisamment pur pour être vendu aux usines. Dans ce nouveau criblage, il retombe dans la cuve quelques petits fragmens de minerai riche E′, mêlés de poussière très-fine de parties pierreuses.

Nettoiement du minerai E′ par agitation.

§ 90. — Pour nettoyer le minerai E′ retombé dans la cuve, et pour l'amener au même degré de pureté que A, on l'agite fortement, ainsi que l'eau qui le recouvre, avec une bêche qu'on remue circulairement dans la cuve. Lorsque tout le dépôt E′ est, par suite, en suspension dans l'eau, on la laisse reposer; les particules métalliques se déposent les premières, à cause de leur excès de pesanteur spécifique. On provoque leur réunion en un seul point du fond, soit en les y amenant avec la bêche, soit en penchant la cuve d'un côté. Les particules terreuses viennent ensuite former par-dessus un dépôt, qu'on en sépare aisément et qu'on jette, ou qu'on joint aux schlamms, suivant sa richesse. Le dépôt métallique qu'on retire ensuite de la cuve est assez pur pour être livré à la fonte.

§ 91. — Revenons aux minerais C (B, C) (B', C'), qui, comme nous l'avons dit précédemment (§ 86, 87 et 88), sont bocardés. Les bocards employés pour la préparation mécanique des minerais de cuivre sont semblables à ceux employés pour celle des minerais d'étain que nous avons décrits (§ 48). Le minerai, après avoir subi leur action, se trouve divisé en deux parties ; savoir, le sable, qui se dépose dans le premier bassin, et les schlamms (*slime*) que l'eau abandonne dans les labyrinthes qu'elle est obligée de traverser en s'écoulant. **Bocardage et lavage des minerais pauvres.**

Le sable est lavé directement dans des caisses de la forme de celles décrites (§ 49), en parlant du lavage des minerais d'étain.

Les schlamms déposés, soit par les eaux qui s'écoulent du bocard, soit par celles qui ont servi aux diverses opérations de lavage, ainsi que les matières analogues obtenues dans quelques-unes de ces opérations, sont d'abord débourbés dans des caisses à deux compartimens beaucoup plus courtes et plus étroites que les précédentes, et de l'espèce de celles décrites (§ 49), et lavés ensuite dans les caisses ci-dessus.

§ 92. — En récapitulant les diverses opérations que nous venons de faire connaître, on voit que tout le minerai extrait des mines se trouve divisé en six portions ; savoir, **Récapitulation des différentes sortes de minerais.**

1°. Minerai massif A, cassé à la batte (§ 83);

2°. Minerai donné par le criblage (§§ 87 et 89);

3°. Minerai plus fin encore, retiré des cuves de criblage (§ 90);

4°. Minerai de bocard, lavé directement dans les grandes caisses (§ 91);

5°. Minerai extrait des schlamms par le débourbage dans les petites caisses étroites et le lavage dans les grandes (§ 91);

6°. Enfin, parties pierreuses rejetées à différens états de division, et nécessairement mélangées d'un peu de minerai perdu.

Les minerais de cuivre extraits des mines des autres parties des Iles Britanniques subissent à-peu-près la même préparation mécanique que ceux tirés des mines du Cornouailles et du Devonshire.

III. *Traitement du minerai de cuivre dans le Sud du pays de Galles.*

§ 93. — Le Cornouailles étant dépourvu de houille, tout le minerai de cuivre que produit ce comté est envoyé, pour y être fondu, dans la partie Sud du pays de Galles qui possède des houillères très-abondantes. Ce transport du mine-

rai est moins coûteux que ne le serait celui du combustible, et ce qui diminue encore beaucoup ces frais de transport, c'est que les vaisseaux qui portent de la houille dans le Cornouailles, soit pour les usages domestiques, soit pour alimenter les machines à vapeur ou les fonderies d'étain, servent à leur retour au transport du minerai de cuivre.

Il existe quinze à vingt usines à cuivre (1) dans le Sud du pays de Galles : elles sont en général situées le long de la côte, depuis Swansea jusqu'un peu au-dessus de Neath ; mais ces deux villes sont les deux centres autour desquels sont groupés la plupart de ces établissemens. Leur proximité de la mer, et leur position sur les rivières navigables de Swansea et de Neath, rendent très-économique leur approvisionnement, ainsi que l'expédition de leurs produits.

Outre ces usines du Sud du pays de Galles, on fond encore le cuivre dans l'île d'Anglesey, et à Whiston, près Kingley, dans le Staffordshire. La fonderie de l'île d'Anglesey a chômé pendant long-temps ; les travaux n'ont été remis en activité que depuis quelques années.

---

(1) Nous joignons ici un tableau de la quantité de cuivre

qui a été mise dans le commerce par les différentes compagnies, dans les années 1818 et 1822.

La tonne anglaise équivaut à 1015 kilogrammes.

	1818.		1822.	
	Tonn.	Kilogram.	Tonn.	Kilogram.
William Greenfell and company...	1,380	1,400,700	2,103	2,134,545
Vivian and sons and company...	1,438	1,459,570	2,145	2,177,175
Daniel and comp^y.	953	967,295	1,639	1,663,585
Birmingham company.	852	864,780	1,042	1,057,630
Crown company.	810	822,150	1,257	1,275,855
Rose company...	692	702,380	98	99,470
Cornish company.	301	305,515	320	324,800
Bristish company.	394	399,910	»	»
Freeman and company.	374	379,610	504	511,560
Mine royal comp^y.	198	200,970	616	625,240
English company.	140	142,100	»	»
Brass wire comp^y.	93	94,395	»	»
Fox Villiams and company......	»	»	580	588,700
Anglesey, comp^y..	570	578,550	738	749,070
TOTAUX...	8195	8,317,925	11,042	11,207,630

La concentration des usines sur un même point a fait adopter une méthode assez uniforme, et a puissamment contribué au perfectionnement du travail du cuivre.

Cette méthode consiste en une suite de grillages, de fontes et de rôtissages exécutés sur les minerais et les mattes qui en proviennent. Avant d'entrer dans les détails de ces différentes opérations, nous pensons qu'il est utile de donner la description des fourneaux dans lesquels on les exécute.

Fourneaux employés.

Ces fourneaux sont à réverbère; ils varient dans leurs dimensions et dans le nombre d'ouvertures dont ils sont percés, suivant les opérations auxquelles ils sont destinés.

Ils sont de cinq espèces:

1°. Fourneau de grillage (*calcining furnace* ou *calciner*);

2°. Fourneau de fusion (*melting furnace*);

3°. Fourneau de rôtissage (*roasting furnace* ou *roaster*);

4°. Fourneau de raffinage (*refining furnace*);

5°. Fourneau de chaufferie.

1°. *Fourneau de grillage.* (Pl. V, *fig.* 1, 2 et 3).

§ 94. — Le plan de ce fourneau présente deux rectangles. Le premier comprend le fourneau proprement dit ; le second, qui semble être une appendice, renferme la chauffe.

Ces fourneaux reposent sur une arche dans laquelle on fait tomber le minerai grillé ; ils sont entièrement construits en briques, et pour qu'ils puissent résister à l'action de la chaleur, ils sont armés en fer, ainsi qu'on le voit dans l'élévation, *fig.* 1.

La sole présente à-peu-près la forme d'une ellipse tronquée aux deux extrémités de son grand axe ; elle est horizontale, construite en briques infusibles placées de champ, et pouvant se défaire et se réparer sans altérer la voûte sur laquelle elle repose. Elle est percée de trous *a* (*fig.* 3), placés au-devant de chaque porte, et servant à faire tomber le minerai grillé dans l'arche.

Les dimensions de la sole varient de $5^m,20$ à $5^m,80$ (17 à 19 pieds anglais) en longueur, et de $4^m,30$ à $4^m,09$ (14 à 16 pieds) en largeur.

Le foyer varie de $1^m,40$ à $1^m,55$ (4 pieds et demi à 5 pieds) dans un sens, sur 0,92 dans l'autre (3 pieds).

Le mur, ou pont de la chauffe qui sépare le foyer de la sole du fourneau, a $0^m,61$ d'épaisseur (2 p^{ds}.). Dans l'usine de M. Vivian, le mur est traversé par un canal longitudinal, qui est en communication à ses deux extrémités avec l'air extérieur, et qui l'amène sur la sole du fourneau. Nous indiquerons cette disposition d'une manière plus détaillée en décrivant le fourneau de rôtissage.

La voûte du fourneau s'abaisse depuis le pont de la chauffe jusqu'à la cheminée; sa hauteur au-dessus de la sole est de $0^m,65$ au premier point, et de $0^m,20$ à $0^m,30$ au second.

Ces fourneaux ont quatre ou cinq portes : une pour la chauffe, trois ou quatre pour le travail. Lorsqu'il y en a trois, deux sont placées sur une face longitudinale, et la troisième sur l'autre. Dans l'autre cas, il existe deux portes sur chaque côté, placées en regard les unes des autres. Ces ouvertures ont $0^m,30$ de côté; leurs contours sont en fonte.

La cheminée est placée à l'angle du fourneau, ce qui exige qu'il y ait un tuyau incliné qui la mette en communication avec le fourneau. Elle peut avoir de $6^m,50$ à 8^m de hauteur.

Pour charger le minerai, il existe ordinairement à la partie supérieure de la voûte du fourneau deux trémies placées vis-à-vis des portes; elles sont composées de quatre plaques de fer, et

sont en même temps fourneaux de grillage. Nous en avons vu près de Swansea qui servaient à ce double usage ; ils sont composés de trois étages *a*, *b*, *c* (*fig.* 6).

L'étage *a* est destiné à la fonte du minéral grillé ; les deux autres, *b* et *c*, au grillage. La chaleur étant moins forte sur la sole supérieure *c*, le minéral s'y dessèche et commence à se griller ; l'opération se termine sur le second plan *b*.

Des trous carrés *d*, pratiqués dans les soles *b* et *c*, les mettent en communication entre elles et avec l'inférieure *a*; ces trous sont tenus fermés pendant l'opération, au moyen d'une plaque de tôle qu'on place à volonté.

Les soles *b* et *c* sont faites en briques ; elles sont horizontales à leurs parties supérieures et légèrement voûtées en dessous ; leur épaisseur est celle de deux briques, $0^{m},30$; leurs dimensions sont plus grandes que celles de la sole inférieure ; elles se prolongent au-dessus de la chauffe.

Aux étages destinés au grillage, le fourneau présente deux portes sur un des côtés. A l'étage inférieur, il y en a également deux ; mais elles sont disposées différemment : la première, sur le devant du fourneau, sert à retirer les scories, à brasser le métal, etc., et l'autre, sur le côté, est destinée à la réparation du fourneau : c'est au-

dessous de cette porte qu'existe le trou de la coulée; il communique, au moyen d'un canal en fonte, à une fosse remplie d'eau.

Les dimensions de ce fourneau en largeur et en longueur sont sensiblement les mêmes que celles du fourneau de fusion décrit ci-dessus; la hauteur est à-peu-près de 4 mètres.

On charge au moyen de deux trémies.

3°. *Fourneau de rôtissage.*

§ 97. — Les fourneaux employés dans cette opération sont en général analogues à ceux de grillage; mais dans l'usine de Hafod, dont MM. Vivian sont les propriétaires, ces fourneaux présentent une construction particulière, qui a pour but d'introduire un courant d'air continu sur le métal, de manière à faciliter l'oxidation. Ce procédé est dû à M. Sheffield, qui en a cédé la patente à MM. Vivian.

L'admission de l'air a lieu par un canal pratiqué au milieu du pont de la chauffe (*fig.* 7, Pl. V), dans le sens de sa longueur; il communique avec l'air extérieur par ses deux extrémités *a* et *a'*; des trous carrés *b*, pratiqués à angle droit avec ce canal, introduisent l'air dans le fourneau.

Cette construction très-simple produit un effet puissant dans l'exécution du rôtissage. Non-seu-

ment elle favorise l'oxidation des métaux, mais elle a aussi l'avantage de brûler la fumée, et d'aider le dégagement du soufre ; en tenant le pont froid, elle donne au fourneau une température plus uniforme.

4°. *Fourneau de raffinage.*

§ 98. —Dans ces fourneaux, analogues à ceux de fusion, l'inclinaison de la sole a lieu vers la porte du devant, au lieu d'être sur le côté : cette différence tient à ce que, dans le fourneau de raffinage, le cuivre se rassemble dans un creux pratiqué dans la sole, vers la porte du devant, d'où on le puise avec des poches, tandis que, dans les fourneaux de fusion, le métal coule par une ouverture placée sur le côté. La sole est faite en sable ; la voûte du fourneau de raffinage doit être plus élevée que celle du fourneau de fusion : la hauteur varie entre $0^m,80$ à 1^m. Si la voûte était trop surbaissée, il pourrait se former à la surface du métal une couche d'oxide très-nuisible à la qualité du cuivre : dans ce cas, lorsqu'on coule le métal, sa surface se fige et se crevasse ; le cuivre fondu, qui est au-dessous, se répand à la partie supérieure : cet accident, qu'on exprime en disant que le cuivre monte, empêche qu'on puisse le laminer. On est obligé de lui faire subir

un nouveau raffinage, et il est nécessaire, dans ce cas, d'y ajouter du plomb pour dissoudre l'oxide de cuivre: c'est à-peu-près le seul cas où l'addition de plomb soit utile dans le raffinage (1).

La porte de côté est très-large; elle se ferme au moyen d'un contre-poids. Cette porte étant presque toujours ouverte pendant le raffinage du cuivre, la chaleur est plus forte sur le devant du fourneau.

5°. *Fourneaux de chaufferie.*

§ 99. — Ces fourneaux, destinés à chauffer les lingots de cuivre qui doivent être laminés et les feuilles de cuivre, sont beaucoup plus longs que larges. Leur sole est horizontale, la voûte peu surbaissée; ils n'ont qu'une porte, qui est placée sur le côté, et qui tient presque toute la longueur du fourneau; cette porte s'élève, au moyen d'un contre-poids, de la même manière que dans les fourneaux employés à la fabrication de la tôle.

(1) Lorsque le cuivre que l'on raffine est mélangé de métaux étrangers, sur-tout d'étain, comme serait celui qu'on a retiré du métal des cloches, on doit employer des fourneaux très-larges, afin que le bain métallique présente une grande surface à l'action oxidante de l'air, et que son épaisseur soit peu considérable.

13

Série d'opérations que subit le minerai.

100. — Les minerais fondus dans les usines du pays de Galles sont des pyrites cuivreuses plus ou moins mélangées de gangue.

Ces pyrites sont composées de proportions sensiblement égales de sulfure de cuivre et de sulfure de fer.

Les substances terreuses qui accompagnent ces pyrites sont le plus ordinairement siliceuses; cependant, dans quelques mines, le dépôt métallifère est mélangé d'argile ou de chaux fluatée. A ces substances, dont la réunion est assez constante, on doit ajouter l'étain et les pyrites arsenicales qui se trouvent accidentellement avec le cuivre; quoique ces métaux ne soient pas chimiquement combinés, cependant il est impossible de les séparer entièrement par la préparation mécanique.

D'après cela, on voit que les parties constituantes du minerai préparé pour la fonte, sont:

Du cuivre,
Du fer,
Du soufre,
De l'étain, } dans quelques cas,
De l'arsenic, }
et des matières terreuses.

On mélange les différens minerais de manière que la teneur moyenne soit de 8 $\frac{1}{2}$ pour 100.

§ 101. — Le procédé employé dans les usines consiste en une alternative de grillages et de fontes (1).

Dans l'opération du grillage, les substances volatiles se dégagent en grande partie à l'état de gaz, tandis que les métaux qui ont une grande affinité pour l'oxigène passent à l'état d'oxides. Dans la fusion, les substances terreuses se combinent avec ces oxides, et forment des scories, qui se portent à la surface du bain métallique.

Ces grillages et ces fontes ont lieu dans l'ordre suivant : 1°. Grillage du minerai (*calcination of the ore*) (§ 102).

2°. Fonte du minerai grillé (*melting of the calcined ore*) (§ 103).

3°. Grillage de la matte ou du métal brut (*calcination of the coarse metal*) (§ 105).

4°. Fonte de la matte grillée (*melting of the calcined coarse métal*) (§ 106).

5°. Grillage de la seconde matte ou métal fin,

---

(1) Une grande partie des détails que nous allons donner sur ces opérations est extrait d'un mémoire sur le travail métallurgique du cuivre, publié, en 1823, dans les *Annales de philosophie*, par M. John Vivian, l'un des propriétaires de l'usine de Hafod.

produit de la quatrième opération (*calcination of the fine metal*) (§ 108).

6°. Fonte de la deuxième matte grillée (*melting of the calcined fine metal*) (§ 109).

7°. Rôtissage du cuivre noir ou cuivre brut, produit de la sixième opération (*roasting of the coarse copper*) (§ 110).

Dans quelques usines, le rôtissage se répète quatre fois. Nous décrirons cette opération à part : dans ce cas, on fait un grillage et une fonte de moins.

Dans l'usine de Hafod, on a trouvé moyen de supprimer aussi un grillage et une fonte, sans pour cela être obligé d'augmenter le nombre des rôtissages.

8°. Raffinage du cuivre (*refining or toughening*) (§ 111).

Outre ces opérations, qui composent le traitement du cuivre proprement dit, on en exécute souvent deux autres, dans lesquelles on ne fond que des scories. Nous les désignerons par *a* et *b*.

a. Refonte de la portion des scories de la deuxième opération, qui contiennent des grenailles métalliques (§ 104).

b. Fonte particulière des scories de la quatrième opération. Cette fonte, qui a pour but de concentrer le cuivre que contiennent les scories, ne s'exécute pas dans toutes les usines (§ 107).

Première opération. — Grillage du minerai.

§ 102. — Les différens minerais, à leur arrivée du Cornouailles et des autres contrées d'où on les tire, sont déchargés dans des cours contiguës à l'usine, une cargaison l'une sur l'autre; de telle sorte qu'en ayant soin de prendre de plusieurs couches à-la-fois, on a un mélange sensiblement uniforme des minerais de tout le comté; ce qui est très-nécessaire dans une fonderie, parce que les minerais étant de qualités diverses et de teneurs différentes, ils agissent les uns sur les autres comme flux. Un mélange soigneusement calculé d'après leur composition chimique serait préférable; mais ce moyen, qu'il est très-rare de pouvoir employer en grand, est impraticable dans cette localité, parce que l'on n'a pas constamment assez de minerai d'une même espèce.

Le minerai est transporté à la fonderie, dans des mesures en bois, contenant chacune un quintal : les ouvriers chargés de la calcination portent le minerai dans les trémies du fourneau de grillage, d'où il tombe sur la sole; les ouvriers l'étendent uniformément sur la surface, au moyen de râbles en fer. La charge que l'on met dans ces fourneaux est de trois tonnes à trois tonnes et demie (3045 à 3552 kilogrammes).

On met le feu et on l'augmente graduellement, de façon qu'à la fin de l'opération la température soit aussi forte que le minerai peut la supporter sans se fondre ou sans s'agglutiner. Pour prévenir l'agglutination, et pour aider le dégagement du soufre, on renouvelle les surfaces, en remuant fréquemment le minerai (d'heure en heure). Au bout de 12 heures, le grillage est ordinairement terminé : on fait alors tomber le minerai dans l'arche qui existe sous la sole du fourneau, au moyen de trous qui sont devant les portes. Lorsque le minerai est assez froid pour être remué, on le retire de l'arche, et on le porte sur le tas du minerai grillé.

Le minerai, dans cette opération, ne change pas sensiblement de poids, ayant gagné en oxigène à-peu-près ce qu'il a perdu en soufre et en arsenic.

Si le grillage a été bien exécuté, le minerai est en poudre noire. Cette couleur est due à une portion du fer qui s'est oxidé.

La quantité de fer qui a passé à l'état d'oxide dans ce premier grillage, n'est qu'une faible proportion de celui qui est contenu dans le minerai.

Le soufre qui s'est dégagé du minerai n'est pas à l'état de soufre pur, mais à celui d'acide sulfureux.

Seconde opération. — Fonte du minerai grillé.

§ 103.—Le minerai grillé est également donné aux fondeurs, dans des mesures contenant un quintal. Ils le versent dans des trémies, et après qu'il est tombé sur la sole, ils le répandent uniformément; ils baissent alors la porte, qu'ils luttent exactement.

Dans cette fonte, on ajoute à-peu-près 2 quintaux de scories provenant de la fonte de la matte grillée (§ 106). Le but de cette addition est non-seulement de retirer le cuivre que peuvent contenir ces scories, mais sur-tout d'augmenter la fusibilité du mélange. Quelquefois aussi, lorsque la composition du minerai l'exige, on ajoute de la chaux, du sable et de la chaux fluatée. On se sert souvent de ce dernier fondant.

Le fourneau étant chargé, on met le feu, et le seul soin du fondeur est d'entretenir la température de manière à avoir une fusion parfaite; l'ouvrier relève alors la porte, et remue la masse liquide, pour compléter la séparation du métal (ou plutôt de la matte) et des scories, ainsi que pour empêcher les matières fondues de s'attacher sur la sole. Le fourneau étant prêt, c'est-à-dire la fusion étant parfaite, le fondeur fait sortir les scories par la porte de devant, en les retirant avec

un râble. Quand la matte est ainsi débarrassée des scories, on met une seconde charge de minerai grillé pour augmenter le bain métallique; on exécute la fonte de cette seconde charge comme de celle de la première. On fait ainsi de nouvelles charges de minerai grillé, jusqu'à ce que la matte rassemblée sur la sole du fourneau parvienne au niveau de la porte; ce qui arrive ordinairement après la troisième charge. On ouvre alors le trou de la coulée; la matte se rend dans la fosse remplie d'eau, où elle se granule par son immersion : elle se rassemble dans le récipient qui occupe le fond de la fosse. La matte grenaillée est alors portée dans les magasins des mattes. L'oxidation dont se couvrent les grenailles par leur immersion dans l'eau, ne permet pas de distinguer la couleur propre de la matte ou métal brut (*coarse metal*); mais dans les morceaux qui tapissent le canal, on voit qu'elle est d'un gris d'acier. Sa cassure est compacte et son éclat métallique.

Les scories renferment souvent des grenailles métalliques; on les brise et on les trie avec soin.

Toutes les portions qui renferment quelques particules de métal sont refondues dans une opération accessoire.

Les scories qui ne contiennent pas de gre-

nailles de cuivre sont rejetées ; quelquefois elles sont moulées en briques très-grosses en sortant du fourneau : elles sont alors employées dans des constructions.

Ces scories sont composées des parties terreuses contenues dans le minerai et de quelques oxides métalliques qui se sont formés pendant l'opération. Elles sont noires, et le quarz qui y est resté en partie sans être fondu, leur donne l'apparence porphyrique (1).

Dans cette opération, le cuivre s'est concentré ; une grande partie des matières avec lesquelles il était mélangé ou combiné s'en est séparée. La matte granulée qui en provient contient en général 33 pour 100 de cuivre ; elle est ainsi quatre fois aussi riche que le minerai, et sa masse est conséquemment diminuée dans la même proportion. Ses parties constituantes sont principalement du cuivre, du fer et du soufre.

Le point le plus important à atteindre dans

---

(1) Ces scories essayées avec le tiers de leur poids de borax donnent 0,20 de fonte grise cassante ; par la voie humide, on a trouvé qu'elles contiennent :

Silice et quarz.......	0,590
Oxide de cuivre......	0,010
Oxide d'étain......	0,007

la fonte qu'on vient de décrire est de faire un mélange fusible des terres et des oxides, de façon que la matte de cuivre puisse, à raison de sa plus grande pesanteur spécifique, se rendre à la partie inférieure et se séparer exactement des scories. On atteint ce but au moyen des oxides métalliques que renferment les scories de la quatrième opération (§106), lesquelles font partie de la charge. Elles sont presque entièrement composées d'oxide noir de fer. Quand les minerais sont très-difficiles à fondre, on ajoute à la charge une mesure de chaux fluatée (à-peu-près 50 kilogr.); mais il faut faire cette addition avec précaution, pour ne pas trop augmenter la masse des scories.

Le travail marche jour et nuit. On passe communément cinq charges en 24 heures; mais quand toutes les circonstances sont favorables, c'est-à-dire lorsque le minerai est fusible, que le charbon est de première qualité, et que le fourneau est en bon état, etc., on fait même jusqu'à six charges par jour.

La charge est d'une tonne et demie de minerai grillé (1522 kilogrammes), de façon qu'un fourneau de fusion correspond à-peu-près à un fourneau de grillage, ce dernier donnant 7000 kilogrammes de minerai grillé par 24 heures.

Les ouvriers sont payés à la tonne.

(*a*) *Refonte des scories contenant des grenailles métalliques.*

§ 104. — Lorsqu'on a recueilli de la fonte précédente une assez grande quantité de scories contenant des grenailles, on les fond séparément. Cette opération paraît avoir exclusivement pour but de séparer ces grenailles des scories dans lesquelles elles sont engagées. Elle donne un métal analogue à celui qu'on a obtenu dans la première fonte auquel on le réunit, et en outre des scories qui sont rejetées. Ces scories sont visqueuses et tenaces ; cependant le cuivre s'en sépare avec facilité.

Troisième opération. — Grillage de la matte ou du métal brut (calcination of the coarse metal).

§ 105. — Le but de cette opération est principalement d'oxider le fer, oxidation qui est plus facile à exécuter que dans le premier grillage, parce que ce métal est dégagé des substances terreuses qui le garantissaient de l'action de l'air.

Ce grillage s'exécute dans le fourneau, *fig.* 1, 2, 3, Pl. V, exactement de la même manière que celui du minerai. On remue continuellement le métal, pour exposer toutes ses surfaces à l'action

de l'air chaud et pour empêcher l'agglutination. L'opération dure 24 heures : dans les six premières, le feu doit être très-modéré, ensuite on l'augmente graduellement jusqu'à la fin du grillage.

La charge est, comme au premier grillage, de trois tonnes à trois tonnes et demie (3045 à 3552 kilogrammes).

Quatrième opération. — Fonte de la matte grillée (melting of the calcined coarse metal).

§ 106.—Dans la fonte de cette première matte grillée, on ajoute des scories des dernières opérations, très-riches en oxide de cuivre, et quelques débris de sole qui en sont également imprégnés. La proportion de ces substances varie suivant la qualité de la matte grillée.

Dans cette seconde fonte, l'oxide de cuivre contenu dans les scories est réduit par l'affinité du soufre, dont une partie passe à l'état d'acide, tandis que l'autre forme un sulfure avec le cuivre devenu libre. Ordinairement, la matte contient une quantité suffisante de soufre pour réduire complétement l'oxide de cuivre : dans le cas contraire, ce qui arrive si le grillage de la matte a été poussé trop loin, on ajoute une petite quantité de matte non grillée, qui, en four-

nissant du soufre, diminue la richesse des scories et en facilite la fusion.

On enlève les scories par la porte de devant, en les tirant avec un râble. Elles ont une grande pesanteur spécifique; elles sont brillantes d'un éclat métallique, très-cristallines, et présentent dans les cavités des cristaux analogues à ceux du pyroxène(1); elles se cassent facilement et les fragmens en sont très-aigus. Elles ne contiennent pas de grenailles métalliques dans l'intérieur; mais il arrive souvent qu'à cause du peu d'épaisseur de la couche de scories, celles-ci entraînent quelques particules de métal avec elles lorsqu'on les retire.

Ces scories, comme on l'a déjà indiqué à la fonte du minerai grillé (§ 103), sont en général fondues avec lui. Cependant, dans quelques cas, on en fait une fonte particulière : c'est celle que nous avons désignée par la lettre *b* dans le tableau général des opérations (§ 101).

---

(1) Ces scories sont semblables aux scories de forge; elles contiennent environ la moitié de leur poids de silice, le tiers de protoxide de fer, un demi-centième de cuivre et une quantité un peu plus grande d'étain; le reste se compose de chaux, d'alumine et de magnésie; la perte dans l'opération est donc presque nulle, et l'on peut regarder ce travail comme bien combiné, du moins relativement à la production du cuivre.

Nota. Dans l'usine de Hafod près Swansea, appartenant à MM. Vivian et fils, on a supprimé depuis peu de temps la cinquième et la sixième opération. La seconde matte est coulée en saumons, sous le nom de *métal bleu*, pour être immédiatement soumise au rôtissage.

La disposition du canal *a a'*, *fig.* 7, qui amène un courant d'air continu sur la sole du fourneau, accélère et facilite le grillage de la matte; cet avantage a permis de simplifier le traitement en diminuant le nombre de grillages.

Septième opération. — Rôtissage du cuivre noir ou cuivre brut, produit de la sixième opération (roasting of the coarse copper).

§ 110. — Le but principal de cette opération est une oxidation; elle s'exécute, soit dans un fourneau de rôtissage ordinaire, soit dans celui que nous avons indiqué *fig.* 7, qui admet un courant d'air continu.

Les saumons de métal provenant de la fonte précédente sont exposés sur la sole du fourneau à l'action de l'air, qui oxide le fer et les autres métaux étrangers dont le cuivre est encore souillé.

La durée du rôtissage varie de 12 heures à 24, suivant le degré de pureté du cuivre brut. La température doit être graduée, afin que l'oxida-

tion ait le temps de s'effectuer, et que les substances volatiles que le cuivre peut encore renfermer s'échappent à l'état de gaz. La fusion du métal ne doit avoir lieu que sur la fin de l'opération.

La charge varie d'une tonne un quart à une tonne et demie (1269 à 1522 kilogrammes). Le métal obtenu est coulé dans des moules de sable. Il est couvert d'ampoules noires, comme l'acier de cémentation; ce qui lui a fait donner le nom de *cuivre avec ampoules* (blistered copper). Dans l'intérieur de ces saumons, le cuivre présente une contexture poreuse occasionnée par l'ébullition que produisent les gaz qui s'échappent pendant le moulage. Le cuivre étant alors presque entièrement purgé du soufre, du fer et des autres substances avec lesquelles il était combiné, est dans un état propre à être raffiné. Cette opération donne quelques scories ; elles sont très-lourdes, et contiennent une grande quantité d'oxide de cuivre, et souvent même du cuivre métallique.

Ces scories, ainsi que celles de la troisième fonte et du raffinage, sont ajoutées à la seconde fonte. Voyez ci-dessus (§ 106).

Dans quelques usines, pour amener le métal à l'état où il doit être avant le raffinage, on répète plusieurs fois le rôtissage sur le *métal bleu*

Nous indiquerons plus tard cette modification du traitement.

Huitième opération. — Raffinage du cuivre (refi ning or thoughening).

§ 111.—On charge les saumons de cuivre destinés à être raffinés sur la sole du fourneau de raffinage, par la porte de côté. On commence à donner une chaleur modérée pour achever le rôtissage, ou l'oxidation, dans le cas où cette opération n'aurait pas été poussée assez loin. On augmente le feu peu-à-peu, de façon qu'au bout de 6 heures, le cuivre commence à couler. Lorsque tout le métal est fondu, et que la chaleur est assez forte, l'ouvrier soulève la porte de devant, et retire, avec un râble, le peu de scories qui recouvrent le bain de cuivre. Elles sont rouges, lamelleuses, très-pesantes, et ressemblent beaucoup à du cuivre oxidulé.

Le raffineur prend alors un essai avec une petite cuiller, et le casse dans un étau, pour voir l'état du cuivre. D'après l'apparence de l'essai, l'aspect du bain, l'état du feu, etc., il juge si l'on peut procéder au raffinage (*thoughening*), et quelle est la quantité de perches de bois et de charbon de bois qu'on doit ajouter pour rendre le cuivre malléable, ou, suivant le langage des ou-

vriers, pour lui faire acquérir la *viscosité convenable* (*proper pitch*). Lorsqu'on commence l'opération du raffinage, le cuivre est cassant, *sec* (*dry*); il est d'un rouge foncé, s'approchant du pourpre. Son grain est assez gros, *peu serré* (*open*), un peu cristallin.

Pour exécuter le raffinage, on recouvre la surface du métal avec du charbon de bois, et on remue avec une perche de bois de bouleau. Les gaz qui s'échappent du bois occasionnent une vive effervescence. On ajoute de temps en temps du charbon de bois, de façon que la surface du métal en soit toujours recouverte, et on remue continuellement avec les perches, jusqu'à ce que l'opération du raffinage soit terminée, ce qui est indiqué par les essais successifs que l'on prend. Le grain du cuivre devient de plus en plus fin, et sa couleur s'éclaircit graduellement. Lorsque le grain est extrêmement fin (*fermé, closed*), que les essais, coupés à moitié et cassés, présentent une cassure soyeuse, et que le cuivre est d'un beau rouge clair, l'affineur regarde l'opération comme terminée; mais il s'assure encore davantage de la pureté du cuivre en essayant sa malléabilité. Pour cela, il prend un essai dans sa petite cuiller et le verse dans un moule. Lorsque le cuivre est solidifié, mais encore rouge, il le forge. S'il est doux sous le mar-

teau, s'il ne se déchire pas sur les bords, l'affineur est satisfait de sa ductilité, et il dit qu'il est dans *son état convenable* (*its proper state*) : il ordonne aux ouvriers de mouler ; ils puisent alors le cuivre dans le fourneau, au moyen de grandes cuillers de fer enduites d'argile, et ils le versent dans des moules ou lingotières de la grandeur déterminée par les besoins du commerce. Les dimensions ordinaires des lingots sont de 12 pouces de large sur 18 de long, et 2 à 2 et demi d'épaisseur.

Durée du raffinage. La durée totale du raffinage est de 20 heures. Dans les six premières, le métal s'échauffe et éprouve une espèce de rôtissage ; au bout de ce temps, il fond. Il reste quatre heures avant d'atteindre le point où l'on commence le *raffinage proprement dit;* cette dernière partie de l'opération dure environ quatre heures. Enfin, il faut six heures pour charger les lingots, mouler le métal, et laisser refroidir le fourneau.

La charge du cuivre dans le fourneau de raffinage dépend des dimensions du fourneau. Dans l'usine de Hafod, l'une des plus importantes de cette contrée, la charge varie de trois tonnes à cinq (3045 à 5075 kilogrammes). La quantité de cuivre pur qu'on y fabrique par semaine est de quarante à cinquante tonnes (de 40,600 à 50,750 kilogrammes).

La consommation de charbon est de 15 à 18 parties de houille pour une partie de cuivre raffiné en lingots. Nous n'avons pu connaître la dépense à chàque fourneau. Consommation.

Lorsque le cuivre présente des difficultés au raffinage, on y ajoute quelques livres de plomb. Ce métal, par la facilité avec laquelle il se scorifie, agit comme purifiant, en aidant l'oxidation du fer et des autres métaux qui peuvent rester dans le cuivre. Le plomb doit être ajouté immédiatement après que l'on a ôté la porte pour écumer. On doit brasser continuellement le cuivre, pour exposer la plus grande surface possible à l'action de l'air, afin de produire l'entière oxidation du plomb; car la plus petite quantité de ce métal alliée au cuivre le rend difficile à se découvrir quand on le lamine; c'est-à-dire que l'écaille d'oxide ne se détache pas nettement de la surface des feuilles. Addition d plomb: dar quel cas.

§ 112. — L'opération du raffinage du cuivre est délicate, et exige de la part des ouvriers un grand soin et beaucoup d'attention pour maintenir le métal dans son état de ductilité. Sa surface doit être entièrement couverte de charbon de bois : sans cette précaution, l'affinage du cuivre pourrait *rétrograder* (*go back*), dans l'intervalle assez long (1) qui s'écoule pendant le mou- Précaution qu'exige l raffinage

(1) On est dans l'habitude de couler le cuivre en lingots

lage; lorsque cet accident arrive, on doit remuer de nouveau avec la perche de bois.

Un usage trop prolongé de la perche de bois donne naissance à un autre accident très-remarquable. Le cuivre est devenu plus fragile qu'il ne l'était avant qu'on commençât le raffinage, c'est-à-dire lorsqu'il était *sec* (*dry*). Sa couleur est alors d'un rouge jaunâtre très-brillant, et sa cassure est fibreuse. Lorsque cette circonstance se présente, ce que les ouvriers appellent avoir *outre-passé l'affinage* (*gone too far*), l'affineur enlève le charbon de bois de dessus la surface du métal; il ouvre la porte de côté, pour exposer le cuivre à l'action de l'air, qui reprend alors son état de malléabilité.

Théorie de l'affinage.

M. John Vivian, auquel nous avons emprunté une grande partie de la description du travail du cuivre, explique d'une manière fort ingénieuse la théorie de l'affinage. « Ne pourrions-nous pas conclure, dit-il : 1°. que le cuivre, lorsqu'il est à

---

peu épais, il faudrait donc avoir un grand nombre de lingotières pour mouler tout le cuivre à-la-fois. On supplée à ce nombre, en versant des couches successives de cuivre dans des lingotières profondes, et en attendant qu'une couche soit solidifiée avant d'en verser une seconde. Par ce moyen, les couches se séparent facilement, et donnent autant de lingots de cuivre qu'il y a de couches.

l'état sec avant le raffinage, est combiné avec une petite portion d'oxigène, ou bien qu'une certaine quantité d'oxide de cuivre est disséminée dans la masse, ou combinée avec elle, et que cette portion d'oxigène est chassée par l'action désoxidante du bois et du charbon, qui rend alors le métal malléable? 2°. que, lorsque l'affinage est *outre-passé*, le cuivre est combiné avec une petite portion de charbon? Ainsi, de même que le fer, le cuivre serait cassant lorsqu'il serait combiné avec l'oxigène et le charbon, et il ne deviendrait malléable que lorsqu'il serait entièrement purgé de ces deux substances. »

Il est remarquable que le cuivre, dans l'*état sec*, a une action très-forte sur le fer. En effet, les outils employés à remuer le métal liquide deviennent très-luisans, comme ceux dont on se sert dans une forge de maréchal. Le fer de ces outils se consomme plus rapidement que lorsque le cuivre est parvenu à l'état de malléabilité. Le métal exige aussi, lorsqu'il est *sec*, plus de temps pour se solidifier, ou pour se refroidir, que lorsqu'il est raffiné, circonstance qui dépend probablement de la différence de fusibilité du cuivre sous ces deux états, et qui semble indiquer, comme s'il s'agissait du fer, la présence de l'oxigène. Cet effet peut aussi être en partie produit par la différence de température du métal, la

chaleur étant généralement plus forte au moment où l'on vient d'ôter la porte, et le cuivre à l'*état sec* étant à une plus haute température que lorsqu'il a été remué.

Lorsque le point de l'affinage est *outre-passé*, on observe une autre circonstance très-remarquable : c'est que la surface du cuivre s'oxide plus difficilement, et qu'elle est plus brillante que de coutume; elle réfléchit les briques de la voûte du fourneau. Ce fait vient à l'appui de la conjecture déjà émise, que le métal est alors combiné avec une petite quantité de carbone. On conçoit, en effet, que l'oxigène de l'air se trouvant absorbé par le carbone, la surface du métal se trouve préservée.

ifférentes rmes sous squelles le ivre est livé au commerce.

§ 113.—Le cuivre, suivant les usages auxquels on le destine, est versé dans le commerce sous plusieurs formes. Celui qui doit être employé à la fabrication du laiton est granulé (1). Sous cet état, il présente plus de surface à l'action du zinc

ibrication lu laiton.

(1) On fait maintenant en Angleterre le laiton directement avec du cuivre et du zinc métallique. On a reconnu qu'il y avait une beaucoup plus grande économie à extraire d'abord le zinc, puis à le combiner avec le cuivre, que de mélanger ce dernier métal avec la calamine. En France, on suit également ce procédé dans quelques usines ; mais au lieu de granuler le cuivre, on le met généralement en

ou de la calamine et s'y combine plus facilement. Pour opérer cette granulation, on verse le métal dans une grande cuiller percée de trous, et placée au-dessus d'une cuve remplie d'eau. L'eau doit être chaude ou froide, suivant la forme qu'on veut donner aux grains. Lorsque l'eau est chaude, on

---

fragmens. Il paraît que cette légère différence dans le traitement en apporte une considérable dans la qualité du laiton. Il est alors plus homogène, et ne présente pas de points durs, qui sont si nuisibles dans l'emploi de cet alliage.

Outre l'économie sous le rapport de la perte en zinc, la méthode de combiner directement les deux métaux présente encore d'autres avantages, savoir : d'exiger moins de temps et de consommer moins de combustible. En effet, quoiqu'on mélange le zinc à deux reprises, comme dans le procédé avec la calamine, attendu que si on mettait immédiatement tout le zinc nécessaire, il s'en volatiliserait une grande partie, néanmoins on ne fait pas deux opérations distinctes : quand le premier mélange de zinc et de cuivre est fondu, on ajoute dans les creusets des morceaux de zinc, de manière à obtenir la proportion nécessaire à un bon laiton.

Les fourneaux sont exactement les mêmes que ceux décrits dans l'excellent Mémoire de M. Berthier sur la fabrication du laiton (*Annales des mines*, vol. III, p. 345). Ils sont ronds et peuvent contenir huit pots.

Le laiton se fabrique principalement à Bristol et à Birmingham.

obtient des grains arrondis, analogues au plomb de chasse : le cuivre, à cet état, s'appelle *cuivre en grains* ou *dragées* (*bean shot*). Quand le cuivre tombe dans de l'eau froide continuellement renouvelée, les grains sont irréguliers, minces et ramifiés ; c'est le *cuivre en plumes* (*feathered shot*). Le *cuivre en grains* est celui qu'on emploie pour la fabrication du laiton.

On met aussi le cuivre en petits lingots, du poids d'environ 6 onces ; ils sont destinés à être exportés aux Indes orientales : ils sont connus dans le commerce sous le nom de *cuivre du Japon* (*Japan copper*). Aussitôt que ces petits lingots sont solidifiés, on les jette encore rouges dans de l'eau froide. Cette immersion oxide légèrement la surface du cuivre, et lui donne une couleur d'un beau rouge.

Enfin le cuivre est quelquefois réduit en feuilles, soit pour le doublage des vaisseaux, soit pour tout autre usage. Peu d'usines exécutent le laminage ; celle de Hafod (1), que nous avons déjà

---

(1) L'usine de Hafod, située sur la rivière de Swansea, contient quatre-vingt-quatre fourneaux, un laminoir, une manufacture de clous de cuivre, et de différens autres objets, tant de cuivre que de laiton. Cet établissement possède une autre usine, située sur la même rivière, à environ deux milles au-dessus, dans laquelle il existe une paire de

citée plusieurs fois, possède un puissant laminoir, composé de quatre paires de cylindres : il est mu par une machine à vapeur, dont le cylindre a 40 pouces de diamètre.

Laminage du cuivre.

§ 114. — *Laminage du cuivre.* Les laminoirs employés pour ce travail sont analogues à ceux en usage pour la fabrication de la tôle : ils varient suivant les dimensions des feuilles de cuivre que l'on se propose d'obtenir; mais les cylindres ont ordinairement 3 pieds de long sur 15 pouces de diamètre; ils sont pleins. Le supérieur peut se rapprocher de l'inférieur, au moyen d'une vis de pression, de façon qu'on resserre les cylindres à mesure que la feuille diminue d'épaisseur.

Les lingots de cuivre sont posés sur la sole d'un fourneau de réverbère, pour être chauffés. On

---

cylindres pour laminer les feuilles à froid, une fenderie et deux marteaux : ces différens mécanismes sont mue par des roues hydrauliques.

Cet établissement est éclairé par le gaz. La consommation par semaine, y compris la machine à vapeur, etc., est de 1400 à 1500 tonnes de houille (1,421,000 à 1,522,500 kilogr.). Elle donne de l'emploi à près de mille individus, qui constituent, avec leur famille, une population de trois mille ames : elle produit un revenu de 400 à 500 livres sterlings par an au port de Swansea, et donne lieu à une circulation de 1000 livres sterlings par semaine dans le pays.

les place les uns à côté des autres, et on en forme des piles en les disposant en croix, pour que l'air chaud les entoure de tous côtés. On ferme la porte, et on regarde de temps en temps si le cuivre est arrivé à la température nécessaire au laminage, qui est celle du rouge sombre.

On passe alors le cuivre entre les cylindres; mais quoique ce métal soit très-malléable, on ne peut pas réduire le lingot en feuilles sans le chauffer plusieurs fois, parce que le cuivre se refroidit, et qu'il acquiert, par la compression, une texture qui ne permet pas de continuer le laminage.

Ces chaudes successives s'exécutent dans le même fourneau que nous avons indiqué ci-dessus; cependant, quand les feuilles ont de très-grandes dimensions, on emploie des fourneaux disposés différemment. Ils ont 12 à 15 pieds de long et 5 de large; la sole n'a que 3 pieds, et de chacun de ses côtés règne, dans toute sa longueur, une chauffe d'un pied de large. Ces chauffes sont séparées de la sole par de petits ponts de 2 à 3 pouces d'élévation. La voûte est légèrement courbe; elle est percée de plusieurs trous, par lesquels la fumée s'échappe dans une hotte qui surmonte le fourneau. Pour que la chaleur circule entre les feuilles qu'on place dans le fourneau, on met sur la sole deux bancs de fer parallèlement

aux petits côtés, et les feuilles sont séparées entre elles par des rognures.

Le cuivre, par les chaudes et les laminages successifs qu'il a subis, s'est couvert d'une couche d'oxide, qui cache la couleur naturelle de sa surface, et en change les propriétés. Pour enlever cet oxide, on trempe les feuilles pendant quelques jours dans une fosse remplie d'urine; puis on les expose sur la sole du fourneau de chaufferie. Il se forme de l'ammoniaque, qui réagit, et le cuivre se découvre. On frotte les feuilles avec un morceau de bois, puis on les trempe encore chaudes dans l'eau, pour faire tomber l'oxide; enfin, on les passe à froid sous des cylindres pour les redresser. Elles sont alors coupées carrément, après quoi elles sont prêtes à être livrées au commerce, soit pour l'exportation, soit pour la consommation intérieure.

Les déchets du cuivre que l'on obtient en ébarbant les feuilles, ainsi que les battitures ou oxides de cuivre, qui tombent des feuilles laminées, sont reportés à la raffinerie et refondus.

Traitement du cuivre, dans lequel l'opération du rôtissage est répétée quatre fois.

§ 115. — En décrivant l'opération du rôtissage, nous avons annoncé qu'il existait une mé- **Traitement avec quatre rôtissages.**

thode dans laquelle on amenait le cuivre au point nécessaire au raffinage par le moyen de quatre rôtissages; c'est dans l'usine appelée *Midle-bank Copper-works*, appartenant à M. Greenfell, qu'on emploie cette méthode. Le grillage présentant aussi quelques différences, à cause de la disposition des fourneaux, nous décrirons brièvement le procédé entier.

Grillage du minerai.

§ 116. — Le grillage du minerai s'exécute dans des fourneaux à 3 étages, représentés, *fig.* 6, Pl. V. Le minerai chargé dans les trémies tombe sur la sole supérieure *c*. Un ouvrier l'y répand uniformément; au bout de six heures de chauffe, on fait descendre le minerai sur la seconde sole *b*. Il est alors desséché et a éprouvé un commencement de grillage. Sur cette seconde sole, le grillage se termine. Cette seconde partie de l'opération dure également six heures, temps nécessaire pour fondre une charge; quand le minerai est ainsi grillé, on le fait tomber sur la sole inférieure *a* pour y être fondu.

Dans ce genre de fourneau, la température est plus haute que dans les fourneaux de grillage ordinaires: aussi les ouvriers doivent-ils apporter un grand soin pour empêcher le minerai de s'agglomérer.

Fonte du minerai grillé.

§ 117 — La fonte se conduit de la même manière que dans le procédé décrit (§ 106;) on ajoute

au minerai des scories provenant de la seconde fonte, de la chaux fluatée, de la chaux et du sable, suivant que la fusibilité du mélange l'exige. Elle donne de même pour produit une matte contenant de 30 à 33 pour 100 de cuivre pur, et une scorie noire porphyrique. Les parties qui contiennent des grenailles sont refondues, la matte est grenaillée dans l'eau.

L'opération dure six heures. On charge une tonne (1015 kilogrammes) sur chaque sole, de façon qu'il y a constamment dans ce fourneau deux tonnes de minerai qui subissent l'action du grillage, et une tonne de minerai grillé qui est soumise à la fonte.

§ 118. — Le grillage de la matte s'exécute dans un fourneau à deux étages, que nous avons indiqué en parlant des fourneaux (§ 94). Grillage de la matte.

La matte grenaillée éprouve un commencement de grillage sur le plan supérieur, et ce grillage est terminé sur l'étage inférieur.

On laisse la matte vingt-quatre heures sur chaque sole; la charge est de six tonnes, trois à chaque étage.

§ 119. —La quatrième opération est une fonte analogue à la quatrième opération du traitement précédent. On ajoute à la matte grillée les scories provenant des différentes opérations postérieures. Fonte de la matte grillée.

La charge est d'une tonne et demie (1522 kilogr.), et la durée de la fonte est de six heures.

La matte qui provient de cette fonte contient 60 pour 100 de cuivre; elle est coulée en saumons (*pigs*) au lieu d'être grenaillée : c'est le métal bleu.

Rôtissages. § 120. — Cette matte subit quatre rôtissages successifs, qui forment les opérations 5, 6, 7 et 8 de cette méthode.

La durée de chacun de ces rôtissages est de vingt-quatre heures, y compris le temps de refroidir et de charger le fourneau. Le métal est tenu rouge, sans fondre, pendant une partie de l'opération; puis on augmente la température et on obtient une fusion parfaite. On remue alors avec des morceaux de bois, pour empêcher l'oxidation du métal.

Après avoir ainsi brassé la masse, on retire les scories par la porte de devant; puis on coule le métal en saumons.

La charge, dans ces rôtissages, varie de deux tonnes et demie à trois tonnes; on met moins de métal dans les premiers rôtissages que dans les derniers.

Ces rôtissages successifs donnent des cuivres noirs de plus en plus riches : celui qui est produit par le premier contient 70 pour 100 de cuivre; le second, de 75 à 80. Il est très-caverneux,

couvert d'ampoules, et ressemble entièrement au produit du rôtissage dans le traitement où le cuivre brut n'est soumis qu'une fois à cette opération. La scorie qui en résulte est une espèce de matte contenant un grand excès d'oxide de cuivre, et qui contient la plus grande partie des métaux étrangers.

Le troisième rôtissage donne un cuivre noir de 85 pour 100 de richesse, et celui que produit le quatrième contient 90 pour 100 de cuivre pur. Les résidus qui proviennent de ces deux opérations sont composées presque entièrement de cuivre métallique.

Le dernier cuivre noir est raffiné par la méthode ci-dessus décrite.

La consommation de houille est évaluée, dans cette usine, à vingt parties, pour obtenir une partie de cuivre.

Dans l'usine dite *Upper-bank Copper-works*, qui est voisine de celle-ci, et qui appartient au même propriétaire, on suit le procédé avec un seul rôtissage.

Nous n'avons pas pu connaître exactement quelle est la méthode la plus avantageuse. Il paraîtrait, d'après les renseignemens que le directeur de ces établissemens a eu la complaisance de nous donner, que la méthode dans laquelle on pratique les quatre rôtissages serait plus longue et plus coû-

teuse ; mais aussi que le cuivre obtenu par ce travail serait de qualité supérieure à celui que l'on obtient par l'autre procédé.

Nous ignorons si tous les minerais sont indifféremment fondus par l'une ou l'autre méthode.

Prix de fabrication du cuivre.

§ 121. — On peut évaluer ainsi qu'il suit les dépenses de fabrication de 100 kilogrammes de cuivre, sachant que le minerai donne moyennement 8 pour 100 de cuivre métallique, et que pour obtenir une partie de cuivre, on consomme 18 à 20 parties de houille.

1250 kilogrammes de minerai (1).	138 fr.	
2000 kilogrammes de houille.. . .	20	
Dépenses en main-d'œuvre (2), locations, réparations, etc.	32	50
	190	50

(1) Le minerai pauvre coûte environ 50 francs les 1000 kilogrammes, et le minerai riche 500 francs ; mais le prix du minerai, ramené à ne contenir que 8 pour 100, peut être évalué à 4 livres et 10 schellings la tonne, c'est-à-dire à 112 fr. 50 c. les 1015 kilogrammes. Ce prix varie avec celui du cuivre.

(2) Le prix de la main-d'œuvre, des réparations et du combustible, varie de 500 à 550 francs par 1015 kilogrammes (une tonne), suivant l'importance de l'usine. Mais, en supposant, ainsi que nous l'avons indiqué, que l'on consomme vingt parties de houille pour en obtenir une de cuivre, et sachant que ce combustible coûte 8 schellings

Nota. Nous ajouterons à la suite de cet article une note sur le traitement du cuivre pyriteux de Sainbel, que M. Thibaud, ingénieur des Mines, directeur de l'usine de Chessy, a bien voulu nous transmettre, et dans laquelle on a comparé la dépense des procédés employés dans le pays de Galles et à Chessy.

IV. *Expériences qui ont été faites pour condenser les vapeurs qui se dégagent des usines à cuivre.*

Accroissement rapide de Swansea

§ 122. — L'établissement des usines à cuivre a procuré à la côte du Glamorgan un accroissement rapide de prospérité. A l'époque de l'établissement de la première usine à cuivre dans ce pays, il y a environ un siècle, Swansea n'était qu'un village insignifiant. En 1801, sa population s'élevait déjà à 6,099 habitans, et en 1821 à 10,255. Le mouvement du port a augmenté à tel point, que le nombre des vaisseaux qui y entrent annuellement s'élève à 2,600.

Le commerce du cuivre, seul, exige constamment l'emploi de cent bâtimens du port de cent

---

ou 10 francs la tonne, la dépense en main-d'œuvre, etc., en prenant la moyenne entre 500 et 600, sera réduite à 35 par quintal métrique de cuivre.

tonneaux ; chaque vaisseau fait dix voyages par an. Le marché de Swansea est devenu considérable depuis l'augmentation de population sur cette côte. En raison de la richesse et de la prospérité de la ville, les terres des environs se louent le double de ce qu'elles vaudraient pour l'agriculture dans des circonstances ordinaires. La ville et la rivière de Neath reçoivent des avantages du même genre.

Le mouvement de fonds dans les usines à cuivre du sud du pays de Galles s'élève à 200,000 livres sterlings (5,000,000 francs) par an, et la quantité de houille que ces usines consomment, ou dont elles occasionnent l'exportation en Cornouailles, s'élève à 200,000 chaldrons (3,100,000 hectolitres) (1).

Fumées nuisibles auxquelles e traitement du cuivre donne lieu.

Mais si l'érection de ces usines contribue si puissamment à enrichir la côte du Glamorgan, leur voisinage n'est pas sans inconvénient : en effet, elles sont constamment enveloppées d'un nuage de fumées blanchâtres, que l'on aperçoit de plusieurs lieues, et dont l'action corrosive détruit la végétation à plusieurs centaines de toises autour de chacune d'elles, et la tient en souffrance à une distance encore plus considérable.

(1) Le chaldron de charbon de terre équivaut à 15 hectolitres et demi.

Ces mêmes gaz sont très-désagréables et probablement nuisibles aux animaux qui les respirent.

Ces fumées doivent être considérées comme composées de deux parties; savoir, de gaz qui se dégagent du charbon et de gaz provenant du minerai de cuivre, qu'on appelle, dans le pays, fumée du cuivre (*copper smoke*).

La fumée de la houille est bien connue, et on sait qu'elle n'a aucune action nuisible lorsqu'elle est étendue dans l'air atmosphérique.

Il n'en est pas de même de la fumée du cuivre, celle-ci paraît se composer de quantités diverses :

1°. D'acide sulfureux; Compositi[on] de ces fu[mées].

2°. D'acide sulfurique;

3°. D'arsenic;

4°. D'acide arsénieux;

5°. De gaz et de vapeurs fluoriques;

6°. De matières solides entraînées mécaniquement.

C'est principalement l'acide sulfurique qui donne naissance à l'épaisse vapeur blanche, qui rend la fumée du cuivre si nuisible. L'arsenic, soit à l'état métallique, soit à celui d'acide arsénieux, passe à l'état de vapeurs : très-probablement, le fluate de chaux mêlé au minerai produit du gaz fluorique silicé et du gaz acide fluorique. Les matières entraînées mécaniquement consistent en particules fines de minerai : il peut s'y trouver

du cuivre métallique; mais l'expérience a prouvé que la proportion en est au moins très-peu considérable.

L'action nuisible et le désagrément de cette fumée ont excité de fréquentes plaintes, qui ont mis les propriétaires des usines dans la nécessité de chercher les moyens de la condenser. Nous croyons devoir indiquer ici les différentes expériences qui ont été faites dans ce but, parce que, quoique la France ne possède que peu d'usines à cuivre où il soit nécessaire de les appliquer, il existe dans les grandes villes, et notamment à Paris, un grand nombre d'établissemens, comme les fabriques d'acide sulfurique, les ateliers où l'on sépare l'or et l'argent, etc., d'où il s'échappe des fumées délétères et qu'il serait très-utile de pouvoir condenser.

Condensation dans des chambres à pluie.

§ 123. — Dès l'année 1810, M. John Henry Vivian (1), membre de la Société royale et de la Société géologique, et intéressé dans l'un de ces établissemens, commença des expériences dans l'usine que MM. Vivian et fils possédaient alors à *Penclawdd.* L'appareil qu'il employa d'abord consistait simplement en longs canaux horizontaux

(1) Cette description est extraite d'un mémoire que sir John Henry Vivian a publiédans les *Annales de philosophie*.

disposés en zigzags; mais il s'aperçut bientôt que, bien que les obstacles que rencontrait la fumée dans sa course donnassent lieu à la formation d'un dépôt dans le tuyau, il ne pourrait cependant atteindre le but qu'il s'était proposé, par des moyens purement mécaniques.

En 1821, il tenta de condenser et d'absorber ces vapeurs au moyen de l'eau. Dans ce but, M. Vivian fit construire un large canal qui traversait toute son usine, et qu'il prolongea en ligne droite à l'extérieur, sur une longueur d'environ cents yards (92^{m}, 40); il éleva à son extrémité une cheminée de 100 pieds (30^{m}, 60) de haut. Entre l'usine et la cheminée, le conduit était interrompu par une grande chambre destinée à rendre la fumée stationnaire pendant quelques instans, et à permettre ainsi le dépôt des matières tenues en suspension mécanique. Cette chambre était divisée par des cloisons verticales, au moyen desquelles la fumée devait se trouver en contact plus immédiat avec l'eau qu'on se proposait d'y faire tomber sur plusieurs points. Le canal montait légèrement jusqu'au point où il débouchait dans la chambre, puis il descendait légèrement vers la grande cheminée, afin que l'eau qu'on devait introduire, tant dans cette seconde partie du canal que dans la chambre, pût couler dans la même direction que la fumée,

et tendît à favoriser plutôt qu'à gêner le tirage. Après avoir essayé diverses dispositions pour l'introduction de cette eau, M. Vivian se détermina à adopter celle qu'on emploie pour les douches, admettant l'eau à la partie supérieure de la chambre et du canal descendant, dans des bassins de cuivre percés de trous qui la distribuaient régulièrement en *pluie*. On obtint, par ce moyen, les plus heureux résultats. Il se faisait un dépôt considérable sur les parois du conduit ainsi qu'au bas de la cheminée, et l'eau était fortement imprégnée de substances enlevées à la fumée, dont, par suite, le volume était considérablement diminué. A sa sortie de la grande cheminée, elle ne possédait plus dans un degré marqué aucune des propriétés nuisibles qu'elle avait avant de traverser la *chambre à pluie*.

Encouragé par ce résultat, M. Vivian fit de nouvelles chambres et des conduits très-étendus, de manière à comprendre dans l'opération d'assainissement tous les fourneaux de grillage de l'usine. Dans le système qu'on établit alors, la fumée, avant d'arriver à la grande cheminée, avait à traverser successivement quatre *chambres à pluie* N, dans lesquelles la somme des hauteurs des chutes était de 480 pieds; de plus, voulant condenser également la fumée qui se dégageait des fourneaux de fonte, on les fit communiquer

avec la grande cheminée; mais ayant conclu des expériences antérieures que les fourneaux de fonte ne chaufferaient pas suffisamment lorsqu'on les ferait déboucher dans le même conduit que les fourneaux de grillage, on construisit pour eux un conduit séparé, qui aboutissait directement à la grande cheminée.

Après avoir tenu ce système en activité pendant quelques mois, on observa que plusieurs des cloisons des *chambres à pluie*, auxquelles on n'avait donné que l'épaisseur d'une demi-brique, étaient tombées, par suite de l'action des acides sur le mortier et sur les briques elles-mêmes, et qu'une réparation générale était nécessaire.

En l'exécutant, on réduisit le nombre des cloisons de quelques chambres, et on fit les passages pour la fumée, non au haut et au bas des cloisons, mais à leurs extrémités latérales, de manière que la fumée pût passer à travers la *chambre à pluie* horizontalement, au lieu d'être contrainte à monter contre la direction des gouttes, et à descendre au-dessous du niveau des fourneaux de grillage; ce qui naturellement mettait obstacle au tirage. (La planche VI représente une partie de l'appareil définitivement adopté.) On remarqua aussi que les bassins de cuivre percés de trous, placés à la partie supérieure des différentes divisions des *chambres à pluie*, avaient été dégradés

par la fumée et qu'elle s'échappait par les joints qui les entouraient. Pour obvier à ces inconvéniens, on prit le parti de couvrir la totalité de chacune des chambres par un seul bassin de cuivre, percé de trous à son fond dans les parties correspondantes au courant de fumée. Cette disposition remédiait à tous les inconvéniens qu'avaient offerts les précédentes. L'épaisseur des plaques de cuivre qui forment ces bassins est telle, qu'un pied anglais carré pèse trois livres anglaises (1^k493). Les trous sont percés sur des lignes diagonales, à-peu-près à un pouce l'un de l'autre, et un pied de surface en contient environ 250 : ils ont un seizième de pouce de diamètre. On a cherché à les faire aussi petits que possible, pour multiplier les surfaces de l'eau ; mais ce liquide n'aurait pas coulé avec facilité à travers des ouvertures plus petites. On place les feuilles de cuivre de manière que les barbes des trous soient tournées vers le bas, disposition qui facilite la formation des gouttes. L'arrangement des trous est tel, que la fumée qui échappe aux gouttes d'une ligne se trouve en contact avec celles d'une autre.

Ayant remarqué que le tirage des fourneaux de fonte était gêné depuis qu'on les faisait déboucher dans la grande cheminée, on prit le parti de leur rendre l'usage de leurs propres che-

minées. Cette nouvelle disposition présentait peu d'inconvénient, parce que la fumée de ces fourneaux se compose presque uniquement des produits de la combustion du charbon. Mais le tirage de la grande cheminée n'était plus assez fort, et pour l'augmenter, on construisit près d'elle un fourneau de fusion M qu'on y fit déboucher, ainsi qu'on le voit dans la *fig.* 2, Pl. VI.

Par cette disposition, le tirage des fourneaux de grillage devint aussi bon qu'on put le désirer, et la seule dépense courante qui résultât de l'adoption de cette méthode, était le transport des combustibles et des scories du fourneau de fusion placé à côté de la cheminée.

Les résultats de ces opérations ont été des plus satifaisans. Des expériences faites par MM. R. Phillips et Faraday, qui ont constamment aidé M. Vivian de leurs conseils, prouvent que l'arsenic est déposé dans les *chambres à pluie*, où on le trouve en abondance flottant dans l'eau.

L'acide arsénieux est en partie déposé et en partie dissous par l'eau, et dans le cas où quelques portions d'acide arsenique se formeraient à une haute température, elles seraient aussi très-promptement dissoutes par l'eau, dans laquelle cet acide est plus soluble que le précédent. Ce qui prouve d'ailleurs l'efficacité de l'action de

l'eau, c'est qu'il n'y a qu'une trace d'arsenic dans le dépôt du conduit au-delà des *chambres à pluie*.

L'acide sulfurique est aussi absorbé par l'eau. Il en est de même d'une portion considérable de l'acide sulfureux; cependant, comme cet acide est moins facile à absorber que les acides sulfurique et fluorique, une partie reste libre.

L'acide fluorique, dont l'existence était présumée d'après l'action de la fumée sur le verre, a été découvert dans l'eau de la première chambre. Cet acide n'a pas été retrouvé dans la fumée après qu'elle a traversé les chambres.

Quant aux substances emportées mécaniquement, elles se déposent en boue dans le fond des chambres et du conduit : ainsi, de toutes les parties nuisibles que renferme la fumée, il n'échappe à la condensation qu'une portion du gaz acide sulfureux. Sa proportion dans les gaz qui sortent maintenant de la grande cheminée, n'est que d'un 58e. de ce qu'elle était avant l'établissement de cette cheminée. La grande masse de ces gaz étant composée de vapeurs bitumineuses et de vapeurs d'eau provenant de l'eau d'absorption; en outre, le gaz acide sulfureux étant rejeté à une grande hauteur, il doit nécessairement se mêler avec une bien plus grande proportion d'air atmosphé-

rique, avant d'agir en aucune manière sur la végétation, circonstance qui en diminue encore les mauvais effets.

On voit, d'après cela, que M. John-Henry Vivian a atteint en très-grande partie, et peut-être aussi complétement qu'on puisse le faire en grand, le but de ses utiles travaux.

Outre ces expériences, M. Vivian en a fait beaucoup d'autres, dans lesquelles il a employé comme agens *la vapeur d'eau*, *la chaux*, *le nitre*, *le charbon* et *la calcination en vaisseaux clos*. Quoiqu'elles n'aient conduit à aucun résultat; cependant nous croyons devoir les indiquer, afin que les personnes qui pourront s'occuper d'expériences analogues connaissent celles qui ont déjà été faites.

§ 124. — *Vapeur d'eau*. On peut s'attendre à voir agir la vapeur de deux manières, comme favorisant la transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique, et comme présentant, au moment de sa condensation, de l'eau très-divisée. Expérience avec la vapeur d'eau.

Pour s'en assurer, M. Vivian fit construire une chaudière, qui envoyait dans le conduit, en avant de la première *chambre à pluie*, 350 pieds cubes de vapeur par minute. L'examen montra que l'eau de la chambre, avant et après l'introduction de la vapeur dans le conduit, contenait à très-peu-près la même proportion de soufre; ce qui

fait voir que la température de l'eau contrebalance l'effet de sa grande division.

Expérience avec la chaux.

§ 125. — *Chaux*. On fixa au mur de l'une des *chambres à pluie* une auge de fer, dans laquelle on plaça de la chaux. On versa sur cette chaux de l'eau jusqu'à ce qu'elle prît la consistance d'une crême. A cet état, on la fit tomber dans la division de la chambre la plus éloignée du fourneau, puis, la remontant à l'aide d'une pompe, on la fit tomber successivement dans les autres divisions. On l'employa aussi à l'état d'eau de chaux. Ce procédé n'a pas donné de résultats aussi efficaces qu'on aurait pu l'espérer : on s'est convaincu, en outre, qu'il ne serait pas applicable en grand, et qu'il occasionnerait une dépense considérable, à cause de la quantité énorme de chaux nécessaire pour absorber tous lesacides, y compris l'acide carbonique.

Expérience avec le nitre.

§ 126. — *Nitre*. On construisit une chambre de plomb près du canal horizontal. On disposa les choses de manière à faire passer la fumée du cuivre à travers cette chambre, et à y introduire en même temps du gaz acide nitreux, produit dans une cornue placée à côté. L'expérience montra que le gaz acide sulfureux sortant des fourneaux, y était trop mélangé avec les autres gaz pour être employé avec avantage à la fabrication de l'acide sulfurique. En effet, d'après l'analyse de

MM. Phillips et Faraday, le gaz ou la fumée dans le canal, au point le plus voisin des fourneaux de grillage, ne contient pas plus de 5 pour cent d'acide sulfureux, ce que nous croyons n'être pas beaucoup au-dessus de ce que contient le résidu gazeux mélangé qui s'échappe de la cheminée d'une fabrique d'acide sulfurique après que l'opération est terminée. En outre, il est à croire que la rapidité du courant est trop grande pour permettre l'intime mélange et la combinaison des vapeurs sulfureuses et nitreuses, et qu'en conséquence une quantité considérable des dernières sont emportées sans être employées.

Expérience avec le charbon.

§ 127. — *Charbon.* On sait que le charbon incandescent décompose l'acide sulfureux : il se dépose du soufre et il se produit de l'acide carbonique ou de l'oxide de carbone. M. Vivian voulut en conséquence essayer l'effet que produirait le passage de la fumée à travers un feu de charbon. Il fit construire près de la grande cheminée un fourneau d'expérience, dans lequel, au moyen de petits tuyaux garnis de soupapes, et communiquant avec le grand tuyau des fourneaux de grillage, on pouvait à volonté introduire la fumée avant ou après son passage dans les *chambres à pluie.* Le canal qui amenait la fumée aboutissait sous la grille du fourneau, de manière que la fumée qui l'avait parcouru pouvait passer

à travers le feu et se rendre ensuite dans un second canal terminé par une cheminée.

On fit la première expérience en chauffant ce fourneau avec un feu de houille ordinaire. Voici quel fut le résultat: lorsque la masse en ignition était assez volumineuse pour établir le contact du gaz et du combustible, la fumée ne pouvait la traverser; quand au contraire elle était assez mince pour laisser un libre passage, la fumée était simplement échauffée, ce qui la rendait transparente pour un moment; mais elle restait indécomposée, ou si quelque décomposition avait lieu, le gaz était immédiatement reproduit, comme cela était sensible à la seule inspection du haut de la cheminée. On répéta la même expérience avec du *stone-coal* (houille sèche), du *culm* (*stone-coal* en poudre) et du coke: le résultat fut le même. On ne fut pas plus heureux avec du charbon de bois.

M. Bevington-Gibbins, dans une série d'expériences faites dans le même but, mais sur une moins grande échelle, a aussi employé le charbon de bois et a réussi à produire un dépôt de soufre.

M. Young a essayé, mais, à ce qu'il paraît, sans succès, d'opérer la même décomposition avec un feu de bois.

Au reste, il est aisé de sentir combien il serait

difficile d'avoir recours à des opérations de ce genre sans porter atteinte au tirage des fourneaux.

§ 128. — *Calcination en vaisseaux clos.* On a plus d'une fois songé à calciner le minerai en vaisseaux clos et à en séparer une partie du soufre par distillation; mais les dépenses occasionnées par ce procédé sont trop considérables relativement au prix du soufre qu'on en retire pour qu'il puisse être employé. En outre, le résidu qu'on obtiendrait étant fondu, le traitement qu'il exigerait serait plus difficile et plus dispendieux que celui du minerai.

Calcinatio en vases clo

§ 129. — *Hydrogène carboné.* On essaya de décomposer les gaz produits par le grillage, au moyen du gaz hydrogène carboné, qu'on obtenait en faisant passer les produits de la combustion sur de la houille. L'expérience a été faite sur une petite échelle, mais sans un succès très-marqué. Il est aisé de sentir que quand même cette méthode serait susceptible de réussir, la grande quantité de houille qu'elle exigerait la rendrait d'un usage inapplicable.

Expérienc avec de l'h drogène ca boné.

M. John-Henry Vivian ne fut pas le seul à s'occuper de chercher un remède aux effets nuisibles de la fumée des usines à cuivre. En octobre 1821, une souscription fut ouverte dans ce but à Swansea; on forma un fonds destiné à récompenser l'inventeur d'un moyen efficace d'obvier complé-

16

tement aux inconvéniens produits par la fumée qui résulte du traitement dès minerais de cuivre, et à couvrir les dépenses que ses recherches auraient pu occasionner. Le comité des souscripteurs proposa, le 5 novembre 1821, un prix de 1,000 liv. sterl. (25,000 f.) pour cet objet. M. John-Henry Vivian, dont les essais remontent même à une époque antérieure, et trois autres personnes intéressées dans les usines, s'occupèrent de résoudre cette importante question ; mais à la fin de 1822, aucun d'eux n'avait assez complétement réussi pour que le prix pût être décerné. On trouva cependant que le procédé de M. Vivian approchait beaucoup du but désiré.

NOTE

SUR LE TRAITEMENT DU CUIVRE PYRITEUX A SAINBEL (1);

Minerais pyriteux des environs de Sainbel.

Le minerai de cuivre qui a alimenté jusqu'ici la fonderie de Sainbel est un cuivre pyriteux, que l'on a tiré successivement des mines de Chevinay, de Pilon et de Sourcieux, toutes situées à moins d'un demi-myriamètre de distance de Sainbel.

Ce minerai pyriteux s'y trouve disposé en amas allongés selon la direction des couches du terrain : ce dernier est composé en grande partie d'une roche d'un vert grisâtre, connue des mineurs sous le nom de *roche de corne*, que sa nature minéralogique assez variable rapproche le plus souvent des roches amphiboliques ou serpentineuses. La pyrite y est encaissée par un schiste blanc talqueux.

Les deux premières exploitations sont abandonnées depuis long-temps par suite de l'abondance des eaux et de l'épuisement des minerais; la dernière a été abandonnée en 1821, à cause de la pauvreté du minerai, qui ne rendait que deux et demi pour cent de cuivre, et en raison

(1) Ce travail a été communiqué par M. Thibaud, Ingénieur des Mines.

du bas prix de ce métal et de la cherté du combustible.

On a continué à fondre des restes de ce minerai jusqu'à la fin de mai 1825, en l'enrichissant par des minerais carbonatés pauvres de la mine de Chessy.

On se propose dans cette note de faire connaître les résultats de la fonte de ce minerai de Sourcieux, et de fournir par là les moyens de comparer la méthode suivie à Sainbel avec celles du pays de Galles.

Le minerai de Sourcieux est une pyrite de fer mélangée d'une très-petite quantité de pyrite de cuivre. Au sortir de la mine, où il a éprouvé un premier triage, il est débourbé et trié à la main; ensuite on le grille en plein air, en grands tas pyramidaux, d'après la méthode décrite dans les *Voyages métallurgiques* de Jars, t. III, p. 117 et suivantes.

1re. fonte. Fonte du minerai grillé.

Après ce grillage, le minerai est fondu dans un fourneau à manche ayant $1^m,70$ de hauteur, $0^m,96$ de profondeur et $0^m,55$ de largeur.

Deux soufflets pyramidaux en bois, mus par une roue hydraulique, fournissent l'air nécessaire à la fusion. Le combustible employé est du coak provenant de Saint-Étienne.

Jusqu'en 1823 on a ajouté au minerai du quarz pour scorifier l'oxide de fer et l'empêcher de se

réduire. On obtenait de la matte ordinaire, tenant 25 à 28 pour 100 de cuivre. Depuis plus de deux ans, on a remplacé le quarz par du minerai de cuivre carbonaté pauvre de Chessy, qui contient environ 50 à 60 pour 100 de sable siliceux et 10 à 15 pour 100 de cuivre métallique. On obtient, par ce moyen, de la matte riche de 35 à 45 pour 100.

Pour faciliter la fusion, on ajoute environ 50 pour 100 de scories provenant de la même fonte. Ces scories contiennent une très-grande quantité d'oxide de fer combiné à la silice et seulement des traces de cuivre. (V. le mémoire de M. Guenyveau, *Journal des Mines*, n°. 118, p. 245.) Elles sont généralement très-fluides, et ne deviennent pâteuses que lorsqu'on ajoute une trop trop grande quantité de quarz ou de minerais quarzeux.

Lorsque le quarz manque, elles sont trop fluides, les charges descendent trop précipitamment, la matte se mélange en partie dans les scories, où elle forme de petits noyaux d'un gris clair; ce que les fondeurs expriment en disant que la matte *refleurit*; et par suite de l'absence du quarz, l'oxide de fer libre se réduit, et forme des dépôts qui s'attachent au fond du fourneau, et qui entravent sa marche : les fondeurs disent alors que les scories sont trop *sèches*. Si, au contraire,

le quarz est trop abondant, il rend le mélange plus réfractaire ; les laitiers deviennent très-pâteux, les charges descendent lentement ; l'oxide de fer, trop long-temps en contact avec le charbon, se réduit en partie, et il se forme, comme dans le premier cas, des culots de fer dans le fond du fourneau. On consomme alors beaucoup plus de coak pour fondre la même quantité de minerai que dans le premier cas ; dans cet état de choses, les ouvriers disent que les scories sont trop *grasses*.

C'est d'après l'aspect des scories qui coulent constamment sur le devant du fourneau que le maître-fondeur juge des proportions les plus convenables de minerai grillé, de quarz et de scories pour obtenir une bonne fonte.

D'après le *nez* qui se forme à la tuyère, il juge de la proportion du combustible à employer relativement à la matière à fondre.

Si le nez est *trop court*, la température est trop élevé ; le fondeur charge dans ce cas plus de minerai pour la même quantité de combustible ; il fait le contraire si le nez est *trop long*. Sa longueur doit être ordinairement de 4 à 6 pouces.

Chaque fourneau fond ordinairement 2500 à 3000 k. par 24 heures ; on ne perce généralement qu'une fois dans cet intervalle, et après la percée, les fondeurs nettoient avec des outils

en fer le fond du fourneau, et ils enlèvent, autant que possible, le fer réduit qui s'y est déposé, afin de rendre plus libre le passage de la matte et des scories. Quoique cette opération soit répétée tous les jours, et qu'on apporte beaucoup d'attention à ajouter la quantité de matières quarzeuses la plus convenable à la scorification de l'oxide de fer, il s'en réduit toujours une assez forte portion, et le fond ou sol du fourneau s'élève tellement au bout de onze à douze jours, que, si l'on continuait, le dépôt ferrugineux atteindrait bientôt le nez. On est alors obligé de cesser la fonte et de vider le fourneau pour le nettoyer et pour réparer l'intérieur.

Le tableau suivant offre le résumé des fontes exécutées sur le minerai de Sourcieux à Sainbel, pendant trois années consécutives.

1re. fonte.
Fonte de minerai grillé.

Tableau N°. 1.

1re. fonte. MINERAI GRILLÉ.	1822.	1823.	1824.
Jours de fonte à deux fourneaux.	142 j.	105 j. ½	182 j. ¼
Minerai de Sourcieux grillé. . .	839640 k.	492870 k.	734330 k.
Minerai carbonaté pauvre de Chessy.	20580 k.	115335 k.	179800 k.
Quarz.	87600 k.	10650 k.	12660 k.
Coak	332790 k.	288390 k.	414670 k.
Charbon de bois.	1500 k.	1260 k.	2100 k.
Matte ordinaire obtenue.	93200 k.	56000 k.	98000 k.
Rendement du minerai de Sourcieux en matte.	0,111	1,113	0,133
Minerai fondu en vingt-quatre heures.	6057 k.	5760 k.	5028 k.
Coak employé par 100 k. de minerai	38 k. ½	47 k. ½	45 k.
Coak employé par 100 k. de matte.	357 k.	514 k.	423 k.
Richesse moyenne en cuivre des minerais pyriteux et carbonatés fondus, d'après les essais.	0,027	0,043	0,043

La matte ordinaire, obtenue en pains ronds par le travail précédent, est cassée en petits fragmens de la grosseur d'un œuf, et est soumise à dix grillages consécutifs, dans des cases fermées de trois côtés par des murailles. 2°. fonte. Fonte de la matte grillée.

On n'emploie que des fagots dans les cinq premiers feux, et dans les cinq derniers des fagots et du bois de chêne. Chaque grillage se compose de 14000 k. de matte ordinaire, à laquelle on ajoute, au cinquième feu, la *mâtte riche* provenant de la fonte du grillage précédent.

Après avoir reçu dix feux, la matte est fondue dans les mêmes fourneaux à manche qui servent au minerai grillé, avec addition de scories de la même fonte et d'un peu de quarz ou de minerai carbonaté siliceux. On passe à cette même fonte le cuivre des caisses de cémentation, les écumages des fourneaux de raffinage, etc. : on obtient du cuivre noir, de la matte dite *riche matte*, tenant 50 à 55 pour 100 de cuivre, et des scories que l'on repasse dans la première fonte.

On a réuni dans le tableau suivant le résultat des secondes fontes de trois années consécutives.

Tableau N°. 2.

2e. fonte. MATTE GRILLÉE.	1822.	1823.	1824.
Jours de fonte à 2 fourneaux..	32 j.	28 j.	31 j.
Matte ordinaire fondue	98000 k.	84000 k.	84000 k.
Minerai qui l'ont produite à la 1re. fonte. — Minerai de Sourcieux	856160 k.	699660 k.	683610 k.
Minerai qui l'ont produite à la 1re. fonte. — Minerai bleu de Chessy	20580 k.	92080 k.	146785 k.
Riche matte ajoutée dans les grillages....................	15204 k.	14373 k.	18771 k.
Minerai bleu ou carbonaté de Chessy ajouté à la 2e. fonte...	»	»	24705 k.
Quarz, *idem*................	3000 k.	2200 k.	»
Cuivre de cémentation, *idem*...	2766 k.	2635 k.	2055 k.
Crasses de raffinage, *idem*.....	677 k.	34568 k.	40254 k.
Écumages des fourneaux à manches de Chessy.............	1812 k.	3280 k.	6440 k.
Coak employé...............	77002 k.	80640 k.	92946 k.
Charbon de bois..............	3300 k.	2640 k.	1740 k.
Combustible consommé dans les grillages... — fagots..........	19120	15690	13480
b. blanc... (au p. cub.)	832 p.	576 p.	768 p.
b. de chên. (au p. cub.)	1216 p.	1024 p.	864 p.
souch., *id.* (au p. cub.)	1152 p.	992 p.	832 p.
Cuivre noir obtenu...........	24355 k.	39158 k.	51407 k.
Riche matte, *id*..............	16132 k.	13600 k.	14266 k.
Coak employé par 100 k. de minerai..... — à la 1re. fonte.	38,5 k.	47,5 k.	45, k.
à la 2e. fonte.	9, k.	11,5 k.	13,5 k.
aux 2 fontes..	47,5 k.	59, k.	58,5 k.
Coak employé par quintal métrique de cuiv. noir obtenu *.	1752 k.	1308 k.	871 k.
Frais de 1re. et 2e. fonte. — Main d'œuvre........	5544f,20	4254f,35	5042f,80
Combustible.........	34036f,77	23956f,55	26536f,53
Mat. et objets divers..	1800f,00	1668f,14	1888f,00
	41380f,97	29879f,04	33467f,33
Frais par quintal métrique de cuivre noir...............	169f.	76 f.	65 f.

* 100 de houille rendent 55 à 60 de coak.

Aux frais précédens il faudrait ajouter ceux d'exploitation, de grands grillages, de réparation, de location et d'administration pour compléter l'ensemble des frais de production du cuivre noir provenant du minerai de Sourcieux; mais les données précédentes suffisent pour l'objet qu'on se propose.

Le cuivre noir, produit des fourneaux à manche, est soumis à une nouvelle fusion pour être raffiné. L'opération s'exécute dans un fourneau à réverbère semblable à celui décrit dans le tome III, pag. 125 et suivantes des *Voyages métallurgiques*. Raffinage du cuivre noir.

La charge du fourneau est actuellement de 30 quintaux métriques de cuivre noir; le travail se conduit, à très-peu de chose près, comme du temps de M. Jars; on emploie pour combustible le bois de tremble, d'aune et de peuplier; on en consomme 5 à 6 moules, c'est-à-dire 320 à 384 pieds cubes par raffinage. L'opération dure 12 à 14 heures.

La couche supérieure de brasque, qui forme le grand bassin du fourneau, se refait à chaque opération, pour éviter tout accident.

On obtient le cuivre raffiné en gâteaux ronds, que l'on divise ensuite en fragmens pour être livrés au commerce sous le nom de rosette. Ce cuivre exige une nouvelle fusion pour pouvoir être étiré en barres et en plaques.

ainsi ils auraient été au-dessous de 43 fr. 50 centimes par quintal métrique de cuivre rosette, tandis que dans le pays de Galles ils sont de 52 fr. 50 centimes.

Pour établir une comparaison exacte entre ces deux procédés, il faut considérer les pertes en cuivre et les consommations en combustible et non le prix de fabrication, parce que la valeur du combustible et de la main-d'œuvre est très-différente dans ces deux pays. La perte est presque nulle par ces deux procédes, ainsi qu'il résulte de l'analyse des scories.

Quant à la consommation, elle est dans le pays de Galles de 2000 kilog. de houille ponr 100 kil. de cuivre métallique. A Chessy, elle est de 1027 kilog. de coak, correspondans à 1750 kilog. de houille, de 13 kilog. de charbon, 30 kilog. de fagots de chêne et de 25 pieds cubes de bois. Cette consommation équivaut au moins à celle du pays de Galles. On observera en outre que le premier grillage se fait à Chessy, presque sans combustible, et que toute la dépense se reporte sur les autres opérations.

SUR

LES MINES DE PLOMB

DU CUMBERLAND ET DU DERBYSHIRE (1).

De tous les États de l'Europe, l'Angleterre ou plutôt le Royaume-Uni de la Grande-Bretagne, est celui qui produit annuellement la plus grande quantité de plomb. Suivant M. de Villefosse, dans sa *Richesse minérale*, publiée en 1810 (t. 1, p. 240), cette contrée fournissait, chaque année, 250,000 quintaux (125,000 quint. mét.) de plomb, tandis que tout le reste de l'Europe pris ensemble n'en produisait pas autant; et cependant, d'après des documens plus récens, cette évaluation paraît être beaucoup trop faible. M. John Taylor, qui est justement estimé pour ses vastes connaissances, sur-tout dans l'art des mines, et qui a pris part à l'administration de beaucoup de mines de plomb dans le Cumberland, évalue le produit total annuel du Royaume-Uni, en plomb, à 31,900 tonnes, c'est-à-dire au-delà de

(1) Cette première partie a été faite par M. *Brochant de Villiers*, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines, membre de l'Institut.

319,000 quintaux métriques, quantité qui équivaut à plus de deux fois et demi celle que M. de Villefosse a indiquée (1).

M. Taylor répartit ce produit entre divers comtés, ainsi qu'il suit :

	qx. métr.
Pays de Galles (Flintshire et Denbighshire).	75,000
Écosse.......................	28,000
Cornouailles et Devonshire.........	8,000
Shropshire....................	8,000
Derbyshire..................	10,000
Cumberland, Durham et Yorckshire....	190,000
Total.......	319,000

On voit que le Cumberland, avec les parties adjacentes des comtés de Durham et d'Yorck fournissent seuls à-peu-près les trois cinquièmes du produit total. Le Derbyshire a été autrefois beaucoup plus riche.

Dans le Cornouailles et le Devonshire, le minerai de plomb se rencontre en filons dans un terrain de schiste argileux (*killas*) passant à la grauwacke; il forme également des filons, en Écosse, dans le gneiss, le mica-schiste ou la grauwacke, et dans une partie du pays de Galles

(1) *Conybeare et Philipps*, *Outlines of geology of england and wales*, page 354.

dans le schiste argileux ; mais dans le nord de la même principauté et dans les comtés adjacens, de même que dans le Cumberland et le Derbyshire, le plomb se trouve dans un terrain calcaire particulier, qui est essentiellement lié au terrain houiller.

Nous ne nous proposons de parler ici que des mines de plomb de ces deux dernières contrées, et nous diviserons ce mémoire en trois parties.

1°. Gisemens des minerais de plomb ; 2°. préparation mécanique ; 3°. traitement métallurgique.

PREMIÈRE PARTIE.

GISEMENS DES MINERAIS ;

§ 1. Le terrain qui renferme les mines de plomb exploitées dans le Cumberland et comtés adjacens et dans le Derbyshire, est principalement composé de roches calcaires, et il a été distingué par les Anglais indifféremment sous les noms de *calcaire de montagne* (*mountain limestone*), *calcaire métallifère*, *calcaire à encrines*. M. Conybeare, et d'après lui la plupart des savans anglais, lui donnent aujourd'hui le nom de *calcaire carbonifère* (*carboniferous limestone*), à cause de sa liaison insensible dans sa partie

Idée générale du terrain.

supérieure avec le terrain houiller proprement dit qui le recouvre.

Ce calcaire, étant ainsi antérieur au terrain houiller, rentre dans la classe des terrains de transition, suivant la limite que Werner a fixée à cette classe de terrain, et qui est encore aujourd'hui la plus généralement adoptée. Quelques-uns remontent cette limite de manière à comprendre dans les terrains de transition le terrain houiller et le grès rouge des Allemands; tandis qu'au contraire les géologues anglais tendent à reculer cette limite à un étage plus inférieur, en établissant une distinction essentielle entre leur calcaire de montagne et un autre calcaire qui lui est inférieur, et auquel ils donnent exclusivement le nom de *calcaire de transition*.

Quelle que soit l'opinion qu'on adopte relativement à cette limite des terrains de transition, ce qui est fort peu important, il est constant que c'est dans le calcaire immédiatement inférieur au terrain houiller et dans les roches avoisinantes que se rencontrent les mines de plomb des comtés que nous avons indiqués : nous allons donner une idée succincte de leur gisement, d'abord dans le Cumberland et les comtés adjacens, ensuite dans le Derbyshire; indépendamment de nos propres observations, nous puiserons beaucoup de documens dans deux ouvrages qui nous

ont servi de guides dans notre voyage; savoir, celui de M. W. Forster sur les mines du Cumberland, et celui de M. J. Farey sur le Derbyshire (1).

(*a*) *Mines de plomb du Cumberland, etc.*

§ 2. Les comtés de Cumberland et de Westmoreland à l'ouest, de Durham à l'est, de Northumberland au nord, et de Yorck au sud, viennent se toucher à-peu-près à égale distance des deux mers d'Allemagne et d'Irlande, dans une contrée élevée où se trouvent les sources des rivières de la Tyne, de la Wear et de la Tees, qui coulent à l'est, et celles de l'Eden qui se dirige à l'ouest vers Carlisle. **Constitution du calcaire métallifère dans le Cumberland.**

C'est dans cette contrée que l'on observe le terrain de calcaire métallifère dont nous avons

(1) *A Treatise on a section of the strata from New-castle-Upon-Tyne, to the mountain of Crossfell in Cumberland, etc., ou* Traité sur la coupe du terrain depuis New-castle-Upon-Tyne, jusqu'à la montagne de Crossfell dans le Cumberland, etc.; par Westgarth Forster, 2e. édition, 1821. Alston.

General view of the agriculture and minerals of the Derbyshire, etc., ou Vue générale sur l'agriculture et la minéralogie du Derbyshire, par John Farey: Londres, 1815, tome 1er.

parlé ci-dessus, sur une surface principale d'environ 37 kilomètres de l'est à l'ouest et de 48 du nord au sud; il s'étend au-delà beaucoup plus au sud et ensuite à l'ouest, mais avec différentes interruptions. Les minerais de plomb qui donnent lieu à de si riches exploitations se rencontrent dans le terrain de calcaire métallifère; c'est sur-tout dans le Cumberland qu'elles sont plus nombreuses et plus productives, principalement aux environs d'Alston ou Alston-Moor, qui est pour ainsi dire le chef-lieu de tout le pays à mines; il s'en trouve aussi dans les autres comtés indiqués, particulièrement dans ceux de Durham et d'Yorck.

Ce terrain de calcaire métallifère est recouvert, du côté de l'est, en stratification parallèle, par ce grès à gros grains que les Anglais désignent sous le nom de *millstone-grit* (grès à meules), lequel sert de base au terrain houiller du Northumberland et du Durham, qui s'étend encore plus à l'est jusqu'à la mer d'Allemagne.

C'est à ce grès que s'arrêtent les exploitations de houille. En effet, le *millstone-grit* en est en général dépourvu; néanmoins le dépôt houiller n'est point terminé, et il se prolonge jusque dans le calcaire métallifère, sur-tout dans sa partie supérieure; mais la houille y est toujours en couches très-minces et de qualité très-inférieure

(*crow coal*) ; elle donne en brûlant une odeur sulfureuse : aussi elle n'est exploitée que dans les affleuremens et seulement pour le chauffage domestique des gens de la campagne. C'est ce passage graduel entre les deux terrains et l'existence de la houille dans le calcaire métallifère au-dessous des couches calcaires, qui a motivé le nom de *calcaire carbonifère* qu'on a donné à ce terrain.

Il est composé de couches calcaires alternant avec des roches schisteuses et des grès ; on y rencontre aussi une couche ou masse d'une roche désignée dans le pays sous le nom de *whin-sill*, et qui se rapporte à ce qu'on appelle en général le *trapp*, laquelle a été observée sur beaucoup de points et toujours distinctement intercalée au terrain, mais fort irrégulièrement et sur une épaisseur très-variable, qui est souvent de plus de 20 mètres.

M. le professeur Sedgwick a publié, en 1824, dans les *Transact. philos. de la Société de Cambridge*, un mémoire extrêmement intéressant sur ce *whin-sill*, observé dans le Teesdale, ou la partie supérieure de la vallée de la Tees. Il signale son irrégularité, mais il reconnaît formellement son intercalation aux couches calcaires et il en donne plusieurs coupes; il adopte l'origine ignée de cette roche, et il pense qu'elle a été élevée du sein de la

terre et injectée latéralement entre les couches calcaires, lesquelles existaient antérieurement.

Le terrain houiller qui repose sur le calcaire métallifère renferme également plusieurs couches ou masses de trapp d'une nature plus ou moins analogue au *whin-sill.*

La stratification de ce terrain calcaire est fort régulière et très-rapprochée de l'horizontale; les couches plongent vers le nord-est sous un angle d'environ 2 à 3 degrés; il en est de même des couches du terrain houiller qui recouvrent ce terrain calcaire. On compte environ 20 couches calcaires, que les mineurs savent fort bien distinguer les unes des autres, au moins le plus souvent; la plupart sont plus ou moins mélangées de débris d'encrines, ce qui leur en fait souvent donner le nom, et quelquefois de madrépores et de coquilles; leur couleur est en général grise, mais souvent assez foncée; leur épaisseur varie; rarement elle est au-dessous de 5 à 6 mètres; plusieurs couches atteignent 8 à 10 et 12 mètres; il y en a même une qui a une épaisseur de près de 20 mètres et une autre qui atteint 40 mètres. La première est distinguée par les mineurs sous le nom de *great limestone* ou la *grande couche calcaire*, et l'autre, qui est beaucoup plus basse, sous le nom de *melmerby scar limestone;* les autres couches calcaires sont

également connues sous des noms particuliers.

Les roches schisteuses se rapprochent en général plutôt de ce qu'on appelle l'argile schisteuse que du schiste argileux.

Les grès sont le plus ordinairement à grains grossiers et de couleur claire; ils sont fréquemment micacés et plus ou moins schisteux, et ont souvent du rapport avec le grès houiller, quelquefois avec la grauwacke.

Ce terrain repose en stratification concordante sur le *vieux grès rouge* (*old red sandstone*), qui paraît n'en être que le premier dépôt; et celui-ci repose, suivant M. Buckland, sur un terrain de grauwacke, qui, plus loin, renferme des roches de trapp. En réunissant les épaisseurs ordinaires de toutes les couches successives observées dans ce terrain, depuis sa partie la plus inférieure où il touche le *vieux grès rouge* jusqu'au *millstone-grit* qui le recouvre, on a trouvé que son épaisseur totale moyenne est d'environ 924 yards (845 mètres). La première couche, le *fell-top limestone*, se montre à 108 yards, ou 98 mètres, au-dessous du *millstone-grit*, et le *great limestone* à 245 yards (224 mètres); la roche de trapp (*whin-sill*), indiquée ci-dessus, se rencontre après la onzième couche calcaire, à environ 311 yards (284 mètres) au-dessous de la première. Telle est en abrégé la

composition du terrain dans lequel on exploite les mines de plomb du Cumberland et comtés adjacens.

Diverses rtes de gîes de minerai.

§ 3. Les mineurs distinguent trois sortes de gisemens différens des minerais de plomb, les *rake-veins*, les *pipe-veins* et les *flat-veins*.

Le mot anglais *vein* correspond au mot *filon*; mais les mineurs s'en servent indifféremment, en Angleterre comme en France, pour indiquer tous les gîtes de minerais, en y ajoutant une épithète pour distinguer les différens gîtes.

Les *rake-veins* sont de véritables *filons* dans l'acception géologique de ce mot.

Les *pipe-veins* sont des amas ordinairement assez étroits et de forme allongée, le plus souvent parallèles aux plans des couches.

Les *flat-veins* sont de petits lits de minerais intercalés au milieu des couches.

Filons *rake-veins*.

§ 4. Les *rake-veins* ou *filons* sont le gîte le plus fréquent du minerai de plomb dans le Cumberland. Les caractères qu'ils présentent rentrent tout-à-fait dans ceux que l'on a reconnus en général dans les filons. Le plus souvent on observe qu'il y a eu un glissement sur un des côtés de la roche qui encaisse le filon; quelquefois même la différence de niveau entre les couches correspondantes des deux parois est très-considérable; certains filons ne forment pas un seul plan, mais

plusieurs, dont l'ensemble présente des espèces de marches ou de zigzags. Dans ces filons, les parties qui sont verticales, ou du moins perpendiculaires aux couches, ne sont pas au-dessous l'une de l'autre dans les différentes couches; mais la continuité entre elles est maintenue par une prolongation du filon dans le sens horizontal, au travers d'une couche d'une autre nature, qui est ordinairement une argile schisteuse, ou plus généralement une roche feuilletée; tandis que la partie verticale du filon est encaissée dans une roche calcaire ou un grès. C'est un genre de structure analogue à celle que Werner avait signalée comme un accident rare, et qu'il avait observée au filon dit *Halsbrückner-Spath*, près de Freyberg. Il paraît que dans le Cumberland il y en a plusieurs exemples, et même la plupart des filons y présentent quelques traces de ce genre de structure; on remarque fréquemment qu'un filon qui pénètre au milieu de plusieurs couches parallèles, traverse perpendiculairement les couches calcaires, et un peu obliquement les couches schisteuses.

Ces filons sont aussi en général plus étroits dans ces dernières couches ou dans les grès, que dans les couches calcaires. Une puissance de moins d'un pied devient tout-à-coup de 3 ou 4 pieds; on cite même le riche filon de Hud-

gillburn, dont la puissance est de 17 pieds dans la couche calcaire dite le *Great-Limestone*, tandis qu'elle ne dépasse pas 3 pieds dans la couche de grès inférieure, qui est désignée sous le nom de *Watersill*.

Pour expliquer cet élargissement, d'après l'opinion reçue que les filons sont des fentes remplies, on a pensé que dans des filons dont, comme on vient de le dire, la direction à travers les couches successives du terrain est alternativement perpendiculaire ou oblique, le rejet ou la chute d'une des parois avait dû naturellement produire ces différences de largeur à différens étages. Cette hypothèse est ingénieuse, et il est difficile de ne pas présumer qu'elle ne soit applicable au moins à quelques cas; cependant on ne voit pas qu'elle soit encore appuyée d'observations locales assez précises. Il est aussi probable que d'autres causes ont contribué à cet élargissement remarquable des filons du Cumberland à travers certaines couches.

Cette influence, que la nature de la roche des parois semble exercer sur les filons, n'est pas la seule; elle détermine aussi presque toujours leur richesse en minerai de plomb, observation analogue à ce qui a été reconnu dans les filons d'autres contrées, notamment à Kongsberg en Norvège. Les filons du Cumberland sont constamment

plus riches, même proportionnellement à leur puissance, dans les parties qui traversent des couches calcaires, que dans celles qui correspondent à des couches de grès et sur-tout à des roches schisteuses. Il est rare que dans les roches de *Plate*, argile schisteuse solide, le filon contienne du minerai ; il est alors ordinairement rempli d'une espèce de glaise.

Il y a même certaines couches calcaires à travers lesquelles les filons sont plus particulièrement métallifères que dans les autres couches de même nature. La couche dite *great-limestone*, dont nous avons déjà parlé, est celle qui enrichit le plus les filons, c'est-à-dire celle dans laquelle ils sont à-la-fois et plus larges et plus riches : aussi cette couche fournit, à elle seule, plus de minerai que toutes les autres. Les couches calcaires supérieures sont aussi en général plus productives que les inférieures. Dans la plupart des mines, les filons ne sont pas exploités au-dessous de la cinquième couche calcaire (*four fathom limestone*), qui est à 307 yards (280 mètres) de profondeur au-dessous du *millstone-grit* ; et comme on a vu ci-dessus que la première couche calcaire est à 108 yards, il en résulte que l'épaisseur de la partie du terrain où les filons sont riches en plomb n'excède pas en général 200 yards (182 mètres). Cependant il paraît

qu'on a exploité des filons, aux environs d'Alston-Moor, dans la profondeur, jusqu'à la onzième couche calcaire, le *tyne-bottom limestone*, qui est à 418 yards (382 m.) sous le *millstone-grit*, immédiatement au-dessus du *whin-sill*, et qu'on s'est élevé quelquefois plus haut que la première couche calcaire, jusqu'à la couche de grès, dite *grindstone sill*, qui n'est qu'à 83 yards (75 mètres) au-dessous de la même couche de *millstone-grit*, en sorte que l'épaisseur totale du terrain plombifère est au plus de 336 yards (307 mèt.). On assure cependant qu'on a reconnu des filons plombifères encore plus bas, dans la puissante couche calcaire déjà indiquée, le *melmerby scar limestone ;* mais ils n'ont pas été exploités.

Il est à remarquer que cette dernière couche calcaire est au-dessous du *whin-sill*, à environ 108 mètres, suivant M. Forster ; cependant il n'indique pas positivement de minerai de plomb dans le *whin-sill;* mais M. Sedgwick parle de filons de galène, de blende et de baryte sulfatée qui traversent cette dernière roche. Ce fait mérite d'être remarqué, à cause de l'analogie qu'il présente avec ce qui a lieu dans quelques filons du Derbyshire, comme on le verra plus bas, § 9.

Le plus grand enrichissement d'un filon est ordinairement dans les points où ses deux parois, étant peu rejetées, sont d'une même roche; il

s'appauvrit au contraire quand il y a une paroi calcaire et une autre d'argile schisteuse.

Le minerai exploité est le plomb sulfuré; d'autres substances plombifères s'y rencontrent çà et là; mais elles sont en général d'une faible importance pour le mineur, à l'exception du plomb carbonaté, qui est assez abondant dans quelques mines pour être recueilli. Les minéraux qui accompagnent le plus souvent le plomb sont la chaux carbonatée, la chaux fluatée, la baryte sulfatée, le quarz et les pyrites.

Tout ce qui précède suffit pour donner une idée des filons plombifères du Cumberland; nous jugeons inutile d'entrer dans de plus grands détails, et de parler des croisemens de filons, des filons stériles, etc. : sous tous ces rapports, les filons du Cumberland ne nous ont pas paru présenter des caractères différens de ceux qu'on a observés dans les filons d'autres contrées.

§ 5. Les amas (*pipe-veins*) sont rarement très-étendus en longueur; quelques-uns ont présenté une largeur assez considérable; leur composition est assez semblable à celle des filons ou *rake-veins*. Ils se rencontrent ordinairement dans leur voisinage, quelquefois même en communication évidente avec eux; ils sont souvent stériles; mais on assure que quand un *pipe-veins* large est métallifère, il est très-productif. Amas *pipe-veins*.

Veines *flat-veins.*

§ 6. Les veines (*flat-veins* ou *strata-veins*), ou petites couches de minerai, paraissent n'être autre chose que des épanchemens de la matière du filon entre les plans des couches; elles contiennent les mêmes minéraux que le filon qui les avoisine. Lorsqu'elles sont métallifères, on les exploite en même temps que le filon adjacent; elles ne sont ordinairement productives que jusqu'à une certaine distance de ce filon, à moins qu'elles ne soient de nouveau enrichies par la rencontre d'un filon croiseur. On cite quelques exemples d'exploitations avantageuses sur des *flat-veins* dans le *great limestone*, notamment dans les mines de *Coalcleugh* et de *Nenthead.*

Néanmoins, ce sont les filons ou *rake-veins* qui fournissent la très-grande partie du plomb qui provient chaque année du Cumberland et des comtés adjacens. M. Forster donne une liste de cent soixante-cinq mines de plomb qui ont été ou sont actuellement exploitées dans cette contrée.

(*b*) *Mines de plomb du Derbyshire.*

Constitution du calcaire métallifère du Derbyshire.

§ 7. Le terrain de calcaire métallifère occupe dans le Derbyshire une longueur d'environ 40 kilomètres du nord-ouest au sud-est et une lar-

geur très-variable, qui, vers le sud, atteint 24 kilomètres. Castleton, au nord; Buxton, au nord-ouest, et Matlock, au sud-est, se trouvent à-peu-près sur ses limites. Il est entouré, presque de tous côtés, par le *millstone-grit*, qui le recouvre, et qui est lui-même recouvert par des terrains houillers; on ne connaît pas la nature du terrain sur lequel repose ce terrain calcaire. La stratification plonge faiblement vers l'est; mais elle présente beaucoup de variations par suite de grandes failles qui paraissent avoir occasionné des dérangemens considérables.

Nous avons vu que dans le Cumberland le terrain de calcaire métallifère renfermait une couche de trapp, désignée sous le nom de *whin-sill;* dans le Derbyshire, le trapp est beaucoup plus abondant, et il est intercalé trois fois au calcaire. Ces deux roches constituent, à elles seules, tout le terrain, sur une épaisseur d'environ 500 mètres, à partir du *millstone-grit;* seulement, dans la partie supérieure, c'est-à-dire près du contact avec le *millstone-grit,* on trouve des schistes argilo-calcaires sur une assez grande épaisseur.

On distingue quatre grandes couches ou assises calcaires, auxquelles sont intercalées trois couches ou masses de trapp. Il existe aussi quelques couches ou masses de trapp, mais de peu

d'épaisseur, dans le milieu de la couche calcaire, qui est la troisième à partir de la surface, et plus rarement dans la première.

Cette première couche calcaire, celle qui est la plus élevée, a environ 45 mètres d'épaisseur; la seconde autant; la troisième 64 mètres; et la quatrième, qui est la plus inférieure; a au moins 76 mètres; mais on ne connaît pas exactement son épaisseur.

Les roches calcaires de ce terrain sont en général compactes, un peu esquilleuses, le plus souvent d'un gris blanchâtre ou jaunâtre; mais il y a aussi, et dans chacune des quatre couches, des calcaires de couleur foncée et même noire; on en tire de très-beaux marbres. Les différens lits qui composent chaque couche sont souvent séparés par des veines minces d'argile.

Beaucoup de ces calcaires sont mêlés de rognons de silex, souvent aplatis, minces et très-étendus parallèlement aux plans des couches; ce silex, que les Anglais distinguent de la pierre à fusil, sous le nom de *chert*, est souvent noir, mais quelquefois de couleur claire; on le recueille pour les fabriques de poterie et même de porcelaine. Il y a même, dans le premier et le deuxième calcaire, des bancs qui sont presque entièrement pénétrés de silex, de manière qu'on ne peut les convertir en chaux; on en a tiré quelquefois des meules.

Dans la partie supérieure du deuxième calcaire, la roche calcaire est magnésifère ; sa texture est un peu saccharoïde, mais lâche et à grains peu serrés, ce qui la distingue de tous les calcaires saccharoïdes que l'on connaît dans plusieurs autres terrains de transition et terrains primitifs. Les encrines sont très-fréquentes dans tous ces calcaires, comme dans ceux du Cumberland; on y trouve aussi des madrépores, des anomies, des productus et autres coquilles fossiles.

Dans ces différentes couches calcaires, on a découvert beaucoup de cavernes, dont plusieurs, souvent visitées par les voyageurs, ont acquis une sorte de renom. Il y en a une auprès de Matlock, dans la partie du deuxième calcaire, qui est magnésifère; ces cavernes sont sur-tout fréquentes dans la première couche calcaire, et encore plus dans la quatrième. On assure que quand les mineurs rencontrent par leurs travaux une de ces cavernes, ils cherchent à y conduire les eaux de la mine, parce qu'elles y trouvent ordinairement un écoulement extérieur.

Les trois couches ou masses de trapp qui séparent les quatre grandes couches calcaires ont le plus souvent la structure amygdaloïde. Les noyaux, dont la dimension assez variable ne dépasse guère celle d'une noisette, sont en général remplis de chaux carbonatée lamelleuse avec une

terre verte, rarement de quarz agate; ces amygdaloïdes sont connues dans le pays sous le nom de *toad-stone.*

La pâte du *toad-stone* est le plus souvent dure et solide, et en général de couleur foncée, souvent noirâtre ; quelquefois elle est terreuse, et alors souvent de couleur plus claire. Il est difficile de prononcer généralement que cette nature terreuse soit un résultat de décomposition. La roche a presque toujours une cassure compacte; mais on cite quelques variétés rares qui prennent une structure schisteuse. Dans chaque couche de *toad-stone* on n'observe point de lits différens, et même chaque couche est limitée en dessus et en dessous peu régulièrement : c'est ce qui fait regarder ces *toad-stone* par plusieurs géologues, non comme des couches, mais comme des masses intercalées.

On sait que depuis long-temps on avait avancé que ces roches étaient volcaniques, et cette opinion, qui avait été abandonnée, a repris une grande faveur depuis quelques années.

ivers gîtes e minerais.

§ 8. C'est dans ce terrain de calcaire et trapp que se trouvent les mines de plomb du Derbyshire ; on y exploite aussi de la calamine. Les différens gîtes de la galène y sont distingués en *rake-veins, pipe-veins* et *flat-veins,* comme dans le Cumberland ; cependant ces deux derniers

gîtes y sont beaucoup plus rares, et il paraît qu'on n'exploite guère aujourd'hui que les filons, ou *rake-veins*.

Les gangues les plus ordinaires de la galène dans ces filons sont la chaux fluatée et la chaux carbonatée lamelleuse; on y trouve aussi de la baryte sulfatée, qui, dans les cavités, se présente le plus souvent en mamelons hémisphériques blancs, formés du groupement de cristaux tabulaires crêtés : c'est cette variété qui est ordinairement désignée sous le nom de *cawk*, que les mineurs lui ont donné.

La chaux fluatée y est souvent en beaux cristaux, qui sont depuis long-temps connus des minéralogistes; mais dans quelques filons, qu'elle remplit entièrement, elle forme des masses concrétionnées, que leurs vives couleurs, disposées par bandes parallèles contournées, ont fait rechercher pour en fabriquer des plaques, des vases et autres objets d'agrément. Il y a dans le pays plusieurs manufactures où on travaille cette belle substance, qui se vend à des prix assez élevés; souvent on chauffe les pièces avant de les terminer et de les polir, dans le but de rendre les couleurs plus vives et plus tranchées et de faire disparaître les parties nuageuses.

Position d filons pa rapport a roches.

§ 9. Ce que les filons du Derbyshire présentent de plus remarquable est leur disposition

extraordinaire par rapport aux roches du terrain dans lequel ils se rencontrent. Le fait a été signalé depuis long-temps aux géologues : les filons existent dans les couches calcaires, et lorsque l'exploitation conduit à la partie inférieure de la couche et entre dans le *toad-stone*, le filon disparaît; mais on assure qu'il est arrivé quelquefois qu'on l'a retrouvé dans le calcaire inférieur après avoir traversé le *toad-stone*.

On a cherché dès l'origine à tirer de cette observation une objection contre le principe fondamental de la théorie des filons de Werner : on croyait y voir une preuve incontestable que les filons ne peuvent être des *fentes remplies;* cependant la plupart des géologues ont jugé dès-lors avec raison que les conjectures théoriques, qui paraissent résulter nécessairement de l'ensemble des caractères de tous les filons de diverses contrées, ne pouvaient être détruites par un exemple contraire tout-à-fait unique, et d'autant moins que ces filons irréguliers du Derbyshire sont d'ailleurs entièrement semblables aux autres filons, dans leur composition, leur structure, etc. : on a donc pensé qu'il était impossible d'établir aucune opinion relativement à ces filons, et que sans doute des observations ultérieures serviraient à éclaircir cette difficulté.

En effet, on a constaté depuis que le fait de l'in-

terruption des filons par le *toad-stone*, quoique bien réel dans le plus grand nombre des mines, ainsi qu'on l'avait annoncé, n'était pas à beaucoup près général. Dans la liste que M. Farey donne de toutes les mines qui ont été ou qui sont encore exploitées dans le Derbyshire, et dont le nombre s'élève à deux cent quatre-vingts, il y en a dix-neuf dans lesquelles il affirme qu'on a trouvé du minerai dans le *toad-stone*. Nous avons visité deux de ces mines, celle de *Pindale* (ou plutôt de *Nunleys* près de *Pindale*) auprès de Casleton, dont Faujas-de-Saint-Fond a déjà parlé, et celle de *Sevenrakes* près de Matlock; dans l'une et l'autre, le filon se prolonge, au-delà du calcaire, dans un *toad-stone* terreux. A Sevenrakes, à la vérité, le filon éprouve un changement notable en entrant dans le *toad-stone*. Ce n'est plus un seul filon bien réglé comme dans le calcaire, c'est un assemblage de petits filons assez parallèles, très-rapprochés; mais on y trouve un peu de galène, et la gangue y est de même nature que dans le calcaire. Ce changement de structure et de dimension du filon dans les deux roches n'a rien qui soit extraordinaire; on en connaît ailleurs plusieurs exemples, et on a vu ci-dessus que le Cumberland avait présenté des changemens analogues.

Ces observations conduisent à reconnaître que

ces filons, ceux au moins qui passent du calcaire dans le *toad-stone*, présentent les mêmes caractères que les filons en général. L'anomalie indiquée n'y existe pas, et rien ne s'oppose à ce que l'hypothèse des *fentes remplies* ne soit tout aussi applicable à ces filons qu'à tous les autres.

Il paraît qu'aujourd'hui tous les géologues qui ont visité le Derbyshire adoptent cette opinion; mais on n'est pas également d'accord relativement aux autres filons de la même contrée qui sont interrompus par le *toad-stone*. Ce n'est pas qu'on ne soit en général disposé à les considérer aussi comme de véritables filons, c'est-à-dire comme des *fentes remplies*; mais, pour rendre raison de leur interruption, quelques personnes ont supposé qu'ils sont d'une époque beaucoup plus ancienne que les filons traversant le *toad-stone* et que le dépôt de *toad-stone* lui-même; que ces filons plus anciens se sont formés dans le terrain lorsqu'il n'était encore composé que de couches calcaires, et que toutes leurs parties formaient alors continuité, comme cela a lieu ordinairement dans tous les filons; qu'enfin leur interruption actuelle n'a été opérée que postérieurement, par le *toad-stone* qui est venu s'intercaler entre les couches calcaires.

Cette hypothèse tient à une autre bien plus générale, suivant laquelle un grand nombre de

faits géologiques, même tout-à-fait étrangers aux terrains regardés essentiellement comme volcaniques, seraient dus à l'action d'un grand foyer souterrain, qui, à toutes les époques même les plus reculées, aurait causé à la surface du globe de vastes dégradations, des soulèvemens, et y aurait amené du sein de la terre des déjections considérables, tant au-dessus qu'*au milieu même* des couches dont elle était alors composée. Nous avons déjà dit que M. le professeur Sedgwick avait émis formellement cette hypothèse d'une injection du *whin-sill* entre les couches calcaires du Cumberland.

Il serait trop long d'entrer ici dans la discussion de ces idées systématiques qui semblent aujourd'hui prédominer, et qui sont adoptées avec plus ou moins de modifications par plusieurs géologues distingués : cette discussion est d'ailleurs tout-à-fait étrangère au sujet qui nous occupe ; car même, en adoptant cette hypothèse, nous ne voyons pas qu'elle puisse servir en aucune manière à expliquer l'anomalie observée dans la plupart des filons du Derbyshire ; savoir, leur interruption par le *toad-stone*.

En effet, la distinction de deux époques de formation de filons dans cette contrée, dont les premiers seraient antérieurs et les autres postérieurs à l'existence du *toad-stone*, est entièrement

gratuite, et on ne voit pas qu'on ait cité aucune différence essentielle entre ces filons qui puisse suffisamment appuyer cette supposition ; tout porte à croire au contraire que les filons qui sont interrompus par le *toad-stone* et ceux qui les traversent ont été formés à une même époque, et par conséquent postérieurement à l'existence du *toad-stone*, quelle que soit d'ailleurs l'origine que l'on veuille supposer à cette roche : ainsi, pour rendre raison de l'anomalie singulière de ces filons, il faut mettre de côté toutes les hypothèses géologiques sur la formation des roches qui les renferment.

Mais est-il bien vrai que l'interruption de la plupart des filons du Derbyshire par le *toad-stone* doive être regardée, ainsi qu'on le pense assez généralement, comme une anomalie tout-à-fait extraordinaire? Si on compare cette anomalie avec celles qui ont été observées dans des filons d'autres contrées, on ne peut s'empêcher de reconnaître entre elles beaucoup d'analogie. Rien ne paraît s'opposer à ce que les filons du Derbyshire, interrompus par le *toad-stone*, ne soient regardés comme rentrant dans la classe de ces filons en zigzags ou en escalier, dont nous avons parlé plus haut, qu'on a reconnus dans plusieurs pays et notamment dans le Cumberland, et qui ne sont qu'un cas particulier facile à concevoir

dans l'hypothèse de la formation des filons par des fentes. Il y a une différence si grande de ténacité entre le calcaire et le *toad-stone*, qu'il est naturel d'imaginer qu'une cause de dérangement aura dû agir différemment sur l'une et l'autre roche; et quant aux changemens de nature et de structure que les filons présentent dans le *toad-stone* lorsqu'ils le traversent, ce n'est qu'un nouvel exemple de ce qui a lieu dans tous les filons du Cumberland, qui, comme on l'a vu, éprouvent de grandes variations en puissance et en richesse en traversant les différentes couches.

Cependant on peut objecter avec raison que dans les filons en escalier, qui ont été bien reconnus, on trouve ordinairement quelques traces de la gangue du filon dans les ressauts, c'est-à-dire dans les parties de la fente présumée qui sont parallèles aux plans des couches; tandis qu'il ne paraît pas qu'on ait rien cité de semblable dans les filons du Derbyshire : cela est vrai; mais aussi n'est-il pas permis de penser que l'on ne s'est jamais occupé avec soin de rechercher ces traces de filon à la surface et dans l'intérieur du *toad-stone*. Cette roche est d'un travail si difficile et si coûteux, l'expérience de sa stérilité est si générale, qu'on doit croire que presque par-tout les mineurs ont abandonné leurs travaux à son approche, et même souvent

avant d'y pénétrer, puisqu'il paraît que le filon commence ordinairement à s'appauvrir dans la partie du calcaire qui avoisine le *toad-stone ;* le fait seul de la prolongation du filon à travers le *toad-stone* dans dix-neuf mines, semble autoriser à présumer que, dans la plupart des autres, on pourrait en trouver des traces au contact avec le calcaire, et que peut-être on y rencontrerait le filon rejeté latéralement à quelque distance au milieu du *toad-stone.*

En mettant en avant ces conjectures, nous sommes loin néanmoins de prétendre qu'elles fournissent une explication définitive de la disposition des filons du Derbyshire ; il nous a paru seulement qu'elles s'appliquaient assez bien aux faits tels qu'ils ont été présentés jusqu'ici et tels qu'ils nous sont connus ; mais il n'est pas impossible que des observations ultérieures ne rectifient, sous certains rapports, les idées que l'on s'en est formées et ne fassent voir ces filons sous un nouveau jour. Nous regrettons beaucoup qu'aucun des premiers géologues anglais, qui ont jeté depuis vingt ans tant de lumières nouvelles sur les terrains secondaires, n'ait encore donné une attention suivie au Derbyshire et à ses filons extraordinaires; du moins nous n'avons pas connaissance qu'ils aient encore rien publié à ce sujet.

DEUXIÈME PARTIE.

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS DE PLOMB (DRESSING).

§ 10. Les opérations auxquelles on soumet les minerais de plomb en Angleterre pour les amener au degré de pureté nécessaire au traitement métallurgique, peuvent se diviser en trois classes qui ont pour objet, — **Opérations en usage.**

1°. *Le triage et le débourbage des minerais;*
2°. *Le broyage;*
3°. *Le lavage proprement dit.*

Avant de décrire ces opérations, nous ferons connaître les appareils qui, suivant les lieux et les circonstances, y sont employés.

Appareils servant au triage et au débourbage.

§ 11. Ces appareils sont des cribles, des aires à débourber, ou des grilles. — **Appareils.**

1°. Le *grand crible*, employé en Derbyshire pour trier, au sortir de la mine, le minerai en gros et en moyens fragmens, est à treillis de fil de fer; ses mailles sont des carrés de $0^m,0254$ (1 pouce anglais) de côté. — **Grand crible.**

2°. Un crible plus léger, mais dont le treillis, semblable à celui du précédent, sert à débourber dans une cuve pleine d'eau les gros et les moyens fragmens de minerai.

3°. Quelquefois, en Derbyshire, au lieu de faire usage de ce dernier crible, on se contente d'agiter les fragmens de minerai au moyen d'une bèche dans une auge pleine d'eau (*standing buddle*).

Aire à débourber.

4°. *L'aire à débourber* (*running buddle*) sert à-la-fois au débourbage et au triage du minerai ; c'est une surface plane en dalles ou en planches, très-légèrement inclinée de l'arrière en l'avant, et bordée sur les côtés postérieurs et latéraux par de petites murailles, dont l'une, celle du fond, présente une échancrure par laquelle on laisse arriver un courant d'eau. Au moyen d'une pelle, on remue le minerai sur cette aire, et on l'expose au courant d'eau. Cet appareil était le seul employé autrefois pour débourber le minerai extrait des mines d'*Alston-Moor*. On lui a généralement substitué le suivant :

Grille.

5°. *La grille* (1) (*grate*). Elle est composée de barreaux de fer carrés de $0^m,03$ d'épaisseur sur $0^m,6$ à $0^m,8$ de longueur, placés horizontalement

(1) C'est la même que celle employée à Poullaouën, sous le nom de *grille anglaise*.

et parallèlement les uns aux autres, en laissant entre eux des intervalles de $0^{m},03$; au-dessus, se trouve un canal en bois, qui amène un courant d'eau sur son milieu; au-dessous, est un plan incliné qui conduit à un bassin hémisphérique d'environ $0^{m},6$ de diamètre, dans lequel se réunit la poussière métallique enlevée par le courant d'eau.

Appareils servant au broyage du minerai.

§ 12. 1°. *La batte de fer* (*bucker*) était, il y a un certain nombre d'années, le seul instrument employé en Angleterre pour broyer le minerai. Ces *battes* sont formées d'une plaque de fonte de $0^{m},076$ carrés (3 pouces anglais), présentant à sa partie postérieure un anneau dans lequel entre un manche de bois. Aux environs d'*Alston-Moor*, on leur a substitué les cylindres à écraser; mais aujourd'hui encore, en Derbyshire, on se sert généralement de la batte pour briser les fragmens de minerai mélangé, qu'on appelle *knock-stone-stuff*. **Battes.**

Sur les mines de ce comté, l'atelier des *frappeurs* (*knockers*) présente un fort tréteau, ou un mur de 3 pieds de haut, derrière lequel se trouve une aire plane, un peu plus élevée que sa partie supérieure et de 4 pieds d'enfonce-

comme on voit, les parties principales de cette machine. Ils sont en fonte de fer, et ceux à surface unie sont tournés avec soin. Les tourillons des uns et des autres se meuvent dans des crapaudines (*bushes*) de laiton fixées dans des supports en fer *k*, attachés par des boulons à la charpente qui sert de base à tout le système. Ces supports présentent chacun une longue mortaise, à l'une des extrémités de laquelle est solidement fixée une des boîtes de l'un des cylindres *f*, et dans le reste de laquelle glisse l'une des boîtes de l'autre cylindre *g*; disposition qui permet aux deux cylindres d'être en contact, ou de s'éloigner d'une petite quantité, suivant que les circonstances l'exigent. Ce cylindre mobile se rapproche du cylindre fixe, au moyen de leviers en fer X, qui portent à leurs extrémités des poids P et qui s'appuient sur des coins M, lesquels peuvent glisser sur un plan incliné N. Ces coins pressent alors la barre de fer O et font rapprocher le cylindre mobile en poussant la crapaudine qui supporte son axe. Les choses étant ainsi disposées, s'il arrive qu'un fragment très-gros et très-dur vienne se présenter à une des paires de cylindres, l'un d'eux s'écarte et le laisse passer sans que la machine éprouve aucun dommage.

Outre les trois paires de cylindres qui constituent essentiellement chaque machine à broyer,

il en existe souvent une quatrième, qui sert à broyer le minerai qui ne présente pas de gros fragmens, par exemple, les matières moyennement riches et peu riches (*chats* et *cuttings*), produites par le premier criblage au crible à secousses (Voyez plus loin § 27). Les cylindres qui constituent cette pièce accessoire, et qui, à cause de leur usage le plus habituel, s'appellent *chats rollers*, sont unis et semblables aux cylindres *zz* et *z'z'*. L'un d'eux est ordinairement placé sur le prolongement de l'arbre de la roue hydraulique du côté opposé à la machine principale, et l'autre, placé à côté, reçoit le mouvement du premier, au moyen d'un engrenage.

§ 13. 3°. *Le bocard* (*stamp-mill*) est employé concurremment avec *les cylindres à broyer*. Il sert particulièrement à pulvériser les minerais dont la gangue est trop dure pour céder avec facilité à l'action des cylindres, et plus souvent encore ceux qui étant déjà réduits à un certain degré de ténuité, demandent cependant à être broyés encore plus fin. Les bocards employés aux environs d'*Alston-Moor* sont mus chacun par une roue hydraulique. Ils sont à-peu-près semblables à ceux que nous avons décrits en donnant la description de la préparation mécanique de l'étain. (*Annales des Mines*, tome X.) Bocard.

Appareils servant au criblage proprement dit.

Crible à main.

§ 14. 1°. *Le crible à main* (*hand sieve*) consiste en un treillis à mailles carrées, fait en fils de fer entrelacés, monté sur un cadre circulaire de $0^m,457$ (18 pouces anglais) de diamètre, sur une longueur de $0^m,432$ (17 pouces); le treillis présente 58, quelquefois 60 et même 72 fils de fer. L'ouvrier tient ce crible à deux mains, au moyen des deux poignées, et l'agite et le secoue dans une cuve circulaire pleine d'eau (*tub* ou *ore vat*), tantôt en le maintenant dans une position horizontale et tantôt en l'inclinant de diverses manières.

2°. *Le crible à secousses* (*brake-sieve*) est rectangulaire, aussi bien que la cuve dans laquelle on le secoue. Le treillis est fait en fils de fer assez forts, entre-croisés, et formant des mailles carrées de $0^m,0098$ de côté ($\frac{3}{8}$ de pouce). Ce crible est suspendu à l'extrémité d'un levier bifurqué (*brake*), tournant sur un axe au moyen de deux bras verticaux d'environ $1^m,50$ de long, présentant des trous qui servent à les assembler, au moyen de boulons, tant au cadre du crible qu'aux extrémités des deux branches du levier. Les deux bras sont en fer plat et le levier en bois : c'est ce dernier qui sert à donner le mouvement. Un enfant placé près de son extrémité

et sautant continuellement, le fait mouvoir avec vivacité de haut en bas et de bas en haut, de manière à secouer fortement le crible suspendu à l'extrémité opposée.

Appareils servant au lavage du minerai.

§ 15. Dans le lavage du minerai, on se sert, après les cribles, de l'aire à débourber (*running-buddle*), décrite ci-dessus (§ 11, 4°.), et en outre des diverses caisses ou *buddle* qui suivent. **Caisse à laver.**

1°. *Le trunk buddle*, qu'on peut traduire par *caisse à laver*, est une espèce de caisse allemande composée de deux parties : d'une auge ou caisse, dans laquelle arrive un courant d'eau, et d'une large fosse dont le fond est uni et horizontal. Le minerai destiné à y être lavé (*trunked*) se place dans l'auge ; l'ouvrier, armé d'une pelle recourbée sur les côtés, l'y agite et enlève de temps à autre les parties les plus grosses qui y restent : tandis que les plus ténues sont emportées par l'eau et déposées sur une aire placée à la suite.

2°. *Le stirring buddle,* ou caisse à débourber les *schlamms*, analogue aux caisses allemandes, se compose aussi de deux parties; savoir, 1°. une auge ou caisse qui reçoit un courant d'eau fourni par un trou à cheville (*plug-hole*), qu'on ouvre **Caisse à débourber.**

ou ferme plus ou moins, suivant la force du courant qu'on veut obtenir; 2°. une fosse dont le fond est uni et horizontal. La boue métallifère ou *schlamm* est complétement délayée dans l'eau de la caisse, qui, en s'écoulant, la dépose sur l'aire; les parties les plus pures se déposent les premières et se rassemblent vers le haut.

3°. *Le nicking buddle* est analogue aux tables jumelles. Il présente, à sa partie supérieure, un canal transversal d'une longueur égale à la longueur de la table, au milieu duquel se trouve un trou à cheville (*plug - hole*) par lequel arrive l'eau. A côté de ce canal, se trouve une planche un peu inclinée, appelée *nicking board*, correspondant à la tête des tables jumelles, et au-dessous de cette dernière, une aire plane et sensiblement horizontale. L'opération s'exécute en répandant une couche mince de matières boueuses (*slime*) sur le *nicking-board*; et en faisant passer sur sa surface une nappe d'eau très-mince, qui, en la parcourant, se divise en petits courans, lesquels enlèvent petit à petit les matières boueuses et les déposent sur l'aire plane inférieure dans l'ordre de leur pesanteur spécifique.

Cuve à rincer.

4°. *La cuve à rincer* (*fig.* 5, 6 et 7, pl. VIII) (*dolly-tub*) est munie d'un axe vertical portant un plan AB (*dolly*); le tout est mis en mouvement au moyen

de la manivelle. Cet appareil sert à mettre le minerai fin, déjà presque pur, en suspension dans l'eau; après quoi, par le repos, les parties métalliques se séparent des parties terreuses. On aide cette séparation en frappant sur les parois de la cuve pendant la précipitation; ce qui suspend celle des matières terreuses sans arrêter celle des parties métalliques.

5°. *Bassins de dépôt* (*slime pits*). Dans les diverses opérations de débourbage, de broyage et de lavage, dans lesquelles on fait usage d'un courant d'eau, il est impossible d'empêcher que quelques-unes des parties les plus ténues de la galène, après s'être mises en suspension dans cette eau, ne soient emportées par elle. Pour les recueillir, on a des bassins de dépôts ou LABYRINTHES, appelés *buddle-holes* en Derbyshire, *slime-pits* à Alston-Moor, dans lesquels l'eau se rend après avoir été employée. Ils sont placés à une petite distance des points où s'exécutent les opérations ci-dessus décrites. Bassins de dépôt.

Ces bassins ont environ 6 mètres de diamètre et de 0,60 à 1 mètre de profondeur. Dès que le courant qui s'échappe de la machine à broyer, des laveries, ou de tout autre appareil de lavage, est entré dans le bassin de dépôt, le minerai qui y est en suspension tombe peu-à-peu au fond, et l'eau, redevenue presque claire, s'échappe et n'est plus recueillie.

Triage et débourbage des minerais de plomb.

1°. *En Derbyshire.*

Triage et Débourbage en Derbyshire.

§ 16. En Derbyshire, le mélange de matières pierreuses et de galène qu'on extrait des mines, et qui porte le nom de *bowse*, est déchargé, à l'issue de l'exploitation, sur l'*aire de battage* (*striking-floor*), par un ouvrier appelé *striker*, qui s'occupe aussitôt de trier les fragmens, suivant leur grosseur, en trois espèces.

A. Les plus gros, appelés *knockings*, ou MINERAI A CASSER, sont séparés à la main; le reste est mis sur le crible décrit ci-dessus § 11, au moyen duquel on obtient les deux autres divisions.

B. Ceux qui restent sur le crible s'appellent *ridlings* ou *picking-stones*.

C. Les parties terreuses qui passent à travers le crible, appelées *fell*, sont mises de côté, en un tas appelé *fell-heap*.

Le MINERAI A CASSER A, ou *knockings*, est porté dans un endroit particulier appelé *bank*, où un ouvrier, dit *banksman*, armé d'une masse, les brise et fait le triage des fragmens de la manière suivante :

A'. Minerai *massif* porté au tas de minerai pur (*bingheap*).

A''. Fragmens composés de matières pierreuses et de minerai plus ou moins intimement mélan-

gé, de la grosseur d'une noix; ils sont livrés dans cet état aux ouvriers (*knockers*) chargés de les piler plus fin.

A'''. Fragmens uniquement composés de matières pierreuses, qui sont rejetés.

Les morceaux B restés sur le crible, et qu'on appelle *ridlings* ou *picking-stones*, sont donnés aux *swillers* ou *pickers*, qui commencent par les débourber. Pour cet objet, ils se servent soit d'un crible (§ 11, 2°.), soit d'une auge appelée *standing-buddle* (§ 11, 3°.) : dans le premier cas, ils placent dans le crible une certaine quantité de *ridlings*, et l'agitent dans une cuve pleine d'eau; dans le second, ils jettent les *ridlings* dans l'auge, qui est également pleine d'eau, et l'y agitent avec une bèche. Dans l'un et l'autre cas, les fragmens de minerai sont purgés de la boue qui était attachée à leur surface, et qui tombe au fond de l'eau de lavage, et dans cet état on les porte sur une table, où des femmes, appelées *pickers*, procèdent à leur triage. Elles en font trois lots; savoir,

B'. Le *minerai massif;*

B''. Le *minerai à briser*, appelé KNOCK-STONE-STUFF;

B'''. Le *minerai de rebut.*

Le premier est porté au tas de minerai (*bing-heap*) dans le magasin de minerai (*ore-coe*).

Le minerai *à briser* (KNOCK-STONE-STUFF), qui se compose de tous les fragmens présentant un mélange de matières pierreuses et de minerai, est porté à l'atelier des casseurs (*knockers*).

Cette série d'opérations divise le minerai en en quatre lots ; savoir ,

A′ et B′. *Minerai massif ;*

A″ et B″. *Minerai à briser*, appelé KNOCK-STONE-STUFF ;

C. Menu minerai qui passe à travers le crible appelé *fell ;*

A‴ et B‴. Pierres de rebut.

Nous verrons plus loin , § 20, quelles opérations on fait subir au 2e. et au 3e. lot.

2°. Dans le Cumberland.

Triage et débourbage en Cumberland.

§ 17. Aux environs d'Alston-Moor, dans le Cumberland, le débourbage et le tirage s'exécutent généralement sur la grille que nous avons indiquée (§ 11, 5o.)

Le minerai brut (*bouse-ore*) est placé sur la grille, de manière à recevoir le courant d'eau qui arrive par le canal ; on l'y agite avec un râble, et par l'effet tant de leur propre poids que de l'action du courant, toutes les petites parties appelées *cuttings* passent à travers la grille, et se réunissent dans le bassin qui est au-dessous. La grille retient au contraire tous les fragmens de

la grosseur d'une grosse noix et au-dessus.

Les ouvriers enlèvent ces fragmens et cassent ceux qui présentent des parties de richesses différentes ; ils les divisent en quatre lots : l'un, de minerai massif sensiblement pur ; le second, de minerai massif un peu mélangé ; le troisième, de minerai très-mélangé avec des matières pierreuses, et le quatrième, de matières pierreuses entièrement dénuées de minerai : ce dernier lot est rejeté.

Les fragmens de minerai tout-à-fait pur, qui constituent le premier lot, après avoir été concassés, lorsqu'ils sont trop gros, à l'aide de petits marteaux, sont portés au magasin de minerai préparé (*bing-stead*).

Les fragmens de minerai massif un peu mélangé, qui constituent le second lot, sont portés à un atelier particulier, où, au moyen d'une batte en fer, on les écrase de manière à n'en laisser aucun plus gros qu'une grosse noisette. Le minerai ainsi broyé reçoit un lavage sur l'aire à débourber (*running-buddle*) ou sur un crible. Il est ensuite porté au magasin de minerai préparé.

Quant aux fragmens dans lesquels la galène est tout-à-fait mélangée avec des matières pierreuses, et qu'on appelle *knockings*, ils doivent subir un broyage et un lavage complets.

Les petites parties (*cuttings*) qui ont passé à travers la grille, si elles sont suffisamment riches , sont portées directement à l'atelier de criblage ; si au contraire elles sont très-pauvres, on les réduit à un état de finesse plus grande et plus uniforme, en les passant à la machine à broyer ou en les écrasant à coups de batte,

Par ces diverses opérations, le minerai brut (*bouse*) se trouve partagé en quatre parties; savoir :

a, minerai massif concassé, prêt à fondre;

b, minerai mélangé destiné à être broyé;

c, minerai brut en parties fines, destiné, suivant sa richesse, à être criblé directement ou à être d'abord broyé encore plus fin;

d, rebuts qui sont jetés.

Broyage des minerais de plomb.

1°. *En Derbyshire.*

Broyage en Derbyshire.

§ 18. En Derbyshire, les fragmens de minerai mélangé (*knock-stone-stuff*, provenant des opérations A'' et B''), déjà réduits à la grosseur d'une grosse noix, sont broyés à coups de batte (*bucker*) par des ouvriers appelés *knockers*, dont l'atelier a été décrit ci-dessus (§ 12, 1°.) Assis devant le *knock-stone*, ils amènent dessus,

avec une petite planche, une certaine quantité de minerai qu'ils brisent jusqu'à ce qu'il soit réduit à la grosseur d'un pois, et en forment un tas à leurs pieds.

Le minerai ainsi broyé, que nous représenterons par la lettre D, prend le nom de *knock-bark*, et passe entre les mains des laveurs.

2°. *Dans le Cumberland.*

§ 19. A Alston-Moor, les fragmens *b* de minerai, très-mélangés de matières pierreuses, dont on forme un lot séparé dans le triage qui suit le débourbage sur la grille, sont d'abord, lorsqu'ils sont très-gros, brisés à coups de marteau, de manière à ce qu'il n'en reste aucun plus gros qu'un œuf. Ils sont ensuite portés aux cylindres à broyer (*crushing machine* ou *grinder*), où ils sont grossièrement pulvérisés pour être après cela livrés aux cribleurs.

Broyage en Cumberland

Après qu'on leur a fait subir cette opération, aussi bien qu'aux parties menues qui ont passé à travers la grille, lorsque celles-ci se trouvent trop pauvres pour être livrées d'abord aux cribleurs, le minerai brut se trouve divisé en trois parties; savoir,

a, *minerai massif*, bon à fondre;

b', *minerai à cribler*, provenant des minerais *b* et *c*, broyés ;

d, *rebut.*

Criblage et lavage des minerais de plomb.

1°. *En Derbyshire.*

Criblage et lavage en Derbyshire.

§ 20. En Derbyshire, le minerai D broyé (*knock-bark*) (§ 18) et le minerai C (*fell*), mis à part au sortir de la mine (§ 16), sont d'abord criblés dans le crible à main, décrit (§ 14, 1°.). Le laveur, après avoir placé dans son crible (*hand-sieve*) une certaine quantité de l'un ou de l'autre de ces minerais, le plonge en partie dans une grande cuve (*ore-vat*) presque pleine d'eau, et l'y agite par des secousses propres à amener à la surface les parties pierreuses et en général toutes les substances légères, qu'il enlève ensuite au moyen d'une petite planche bordée de fer, désignée en anglais par le mot *limp*, et dans les mines de Bretagne par celui de *lime*. Les premières matières ainsi enlevées, nommées *fleet* ou *fastage*, ne contenant pas sensiblement de galène, sont rejetées. Les secondes, appelées *toots* ou *rounds*, plus riches que les premières, sont mises à part pour être recassées sur le *knock-stone*. Après avoir chargé à plusieurs reprises sur le crible de nouveau minerai D, on obtient au

fond du crible une quantité considérable de minerai, qu'on peut considérer comme pur et dont les parties les plus grosses se trouvent à la partie supérieure ; tandis que les plus fines forment un lit qui recouvre immédiatement le treillis du crible. On enlève alors la partie supérieure, qu'on nomme *peasy-ore*, pour la porter dans le magasin de minerai ou tas, qu'on appelle *peasy-heap*, et on ménage avec soin le lit (*bedding*) de minerai fin qui couvre le treillis du crible et qui rend plus faciles les criblages suivans. Il est surtout utile dans l'opération que nous allons décrire ci-après.

§ 21. Pendant le criblage, beaucoup de petites parcelles de minerai et de matières pierreuses passent à travers le crible et s'accumulent au fond de la cuve. Lorsqu'elle en est remplie aux deux tiers, on fait écouler l'eau doucement et on enlève le sédiment (*smitham*) qu'on met en tas ; on verse de nouvelle eau dans la cuve ; un enfant, reprenant alors le dépôt *smitham*, en charge le crible, qui conserve encore sur son treillis la couche de minerai fin. Le cribleur agite et secoue dans l'eau à-peu-près comme dans la première opération. De temps à autre, il enlève avec la lime (*limp*) les matières légères qui viennent à la surface. Ces matières, qui ne sont plus propres qu'à être lavées dans

des caisses, sont appelées *buddlers-offal,* et sont jetées dans une fosse appelée *buddle-hole.* Quant au minerai qui s'accumule sans cesse sur le treillis du crible, on l'enlève de temps en temps pour le jeter dans la cuve, dans laquelle tombent d'elles-mêmes, pendant l'opération, les particules de minerai très-fines, ainsi que quelques petites particules pierreuses. Quand on a fait subir ce criblage à tout le dépôt retiré de la cuve, on nettoie le minerai qui en provient par une dernière opération.

§ 22. Cette opération, appelée *buddling the vat,* consiste à agiter l'eau en rond dans la cuve au moyen d'une bèche et à réunir le minerai en tas dans un coin du fond, où on le prend au moyen de la bèche à manche court, nommée *groove-spade;* on le porte ensuite au magasin de minerai, où il forme un tas particulier nommé *smitham-heap.* Quant à la boue que l'eau de lavage tient encore en suspension, on la reçoit dans la fosse nommée *buddle-hole,* qui sert de réceptacle pour toutes les parties très-menues, comme les balayures et les boues qui contiennent encore un peu de minerai.

§ 23. Ces matières, très-ténues, ne peuvent plus être mises à profit que par une nouvelle série d'opérations appelée *buddling,* qui s'exécute au moyen d'un petit courant d'eau et de

caisses de deux espèces, dites *jagging-buddle* et *trunk-buddle*. De ces opérations, qui ressemblent beaucoup à celles du même genre qui s'exécutent aux environs d'Alston-Moor et qui seront décrites ci-après, résultent deux nouvelles sortes de minerai, dont le meilleur ou le plus gros est appelé *hillock-ore* ou *pippin*, et le plus fin, qui est tout-à-fait en poussière, *belland*.

2°. *En Cumberland.*

Criblage dans le Cumberland.

§ 24. Pendant long-temps le crible à main était le seul employé dans les mines d'Alston-Moor; on lui a maintenant généralement substitué le crible à secousses. Il n'y a plus qu'un seul cas pour lequel le premier de ces cribles soit encore aujourd'hui en usage; c'est pour les petites parties de minerai (*cuttings*) qui ont passé à travers la grille, et qui, sans être assez pauvres pour qu'il soit nécessaire de commencer par les broyer plus menu, le sont trop cependant pour qu'on puisse les cribler avec avantage au crible à secousses. On les passe simplement à travers ce crible sans chercher à produire d'autre effet que de séparer les parties fines de celles qui ne peuvent traverser les mailles. Lorsqu'on a réuni une suffisante quantité de ces dernières, un ouvrier prend un crible à main de forme ronde, l'en charge

et l'agite circulairement dans l'eau d'une cuve, avec beaucoup de célérité et une adresse particulière, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à séparer les parties très-pauvres, qu'on appelle *cuttings*, et les parties mélangées, appelées *chats*, du minerai pur. Il enlève ces deux premières qualités avec un râcloir en fer battu, nommé *limp*, et il trouve au-dessous une certaine quantité de minerai qu'on peut considérer comme pur. La séparation de ce minerai d'avec les matières pauvres ou mélangées (*cuttings* et *chats*) ne s'effectuerait pas si bien sur le crible à secousses (*brake-sieve*), que sur le crible à main (*hand-sieve*), parce que le premier reste toujours horizontal; tandis que le laveur, en agitant le second, le tient presque toujours dans une position inclinée.

Emploi du crible à secousses.

§ 25. A l'exception de ce cas particulier, tout le criblage s'exécute aux environs d'Alston-Moor avec le crible à secousses (*brake-sieve*), décrit (§ 14, 2°). Aussitôt que ce crible est chargé de minerai, l'enfant placé à l'extrémité du levier commence à le secouer en sautant. Chaque secousse, non-seulement fait passer à travers les mailles quelques parties fines du minerai, mais change encore les positions respectives de celles qui restent sur le treillis. Par l'effet du mouvement brusque et de l'élan qu'elles reçoivent,

les parties les plus pures et les plus lourdes se rapprochent du fond et finissent par s'y fixer exclusivement. Au-dessus, se trouvent les fragmens mélangés de galène et de substances pierreuses appelés *chats;* et à la partie supérieure, les morceaux tout-à-fait pauvres et les plus légers, appelés *cuttings.* On commence par enlever ces derniers avec le *limp;* on enlève ensuite les parties mélangées, *chats,* et enfin le minerai pur, qu'on porte au magasin de minerai préparé, *bing-heap.*

§ 26. Les parties pauvres, *cuttings*, sont livrées à une classe particulière d'ouvriers, qui, par un nouveau criblage, les divisent en pierres tout-à-fait pauvres (*seconds cuttings*) et en minerai mélangé analogue aux *chats*, et qui subit le même traitement.

§ 27. Le minerai pauvre, indiqué ci-dessus sous le nom de *chats*, est porté à la machine à broyer (*crushing machine*), où il est écrasé entre deux cylindres particuliers destinés à cet usage (*chats rollers*), ou, à leur défaut, entre deux quelconques des cylindres unis, qui l'écrasent aussi fin qu'une pareille machine puisse le faire; après quoi, il est soumis à un nouveau criblage, qui donne des résultats analogues à ceux du premier.

Broyage des minerai pauvres.

Au moyen de ces diverses opérations, on obtient :

Du minerai pur (*sieve-ore*), dont la grosseur varie depuis celle d'un gros pois à celle d'une grosse fève;

Des rebuts qu'on jette ;

De menues matières, du traitement desquelles il nous reste à parler.

Lavage des divers produits.

§ 28. Ce sont les petites particules de minerai qui, après avoir passé à travers les mailles des cribles, se sont rassemblées au fond des cuves. On appelle, à Alston-Moor, ce dépôt *smiddum*. Lorsqu'une cuve en renferme une certaine quantité, on l'enlève pour le laver sur l'aire à débourber (*runing buddle*) (§ 11, 4°.), d'abord au moyen d'un courant d'eau assez fort pour exécuter cette opération. Le laveur est muni d'un râble qu'il promène des bords du tas de *smiddum* à sa partie supérieure, de manière à retenir les particules les plus pures du minerai au haut de l'aire; tandis que les plus pauvres et les plus légères, qu'on appelle *smiddum tails*, sont entraînées vers le bas, et que même celles qui sont extrêmement ténues suivent le courant d'eau et ne se déposent que dans les bassins (*slime - pits*), dans lesquels les eaux séjournent avant de sortir des ateliers de lavage. Lorsqu'on a fait subir au dépôt de la cuve

(*smiddum*) deux ou trois opérations de cette nature, ou même un plus grand nombre, suivant les circonstances, la partie qui, dans la dernière opération, reste près de la tête de l'aire, se trouve sensiblement pure et est portée directement au magasin de minerai (*bing-stead*).

§ 29. Les parties pauvres (*smiddum tails*), qui ont été entraînées vers la partie inférieure, contiennent encore une quantité considérable de minerai; mais il se trouve mêlé avec tant de matières terreuses et de boue très-tenace, qu'il faut leur faire subir deux nouvelles opérations avant de pouvoir en extraire du minerai pur. On les porte sur une espèce de caisse allemande, appelée dans le Cumberland *trunck-buddle* (§ 15, 1°.); on les place dans le compartiment placé à la partie supérieure de cette table, dans lequel arrive un fort courant d'eau, et on les y agite avec une pelle. L'eau y laisse les grains les plus gros de minerai et de matières pierreuses, qu'on retire continuellement et dont on forme un tas à part, elle emporte au contraire toutes les parties fines tant de minerai que de matières pierreuses, qui se déposent sur le fond horizontal de la fosse inférieure à des distances dépendantes de leur richesse; celles qui contiennent le plus de minerai se déposent vers le haut, tandis que celles qui en contiennent très-peu sont

entraînées par l'eau jusque vers le bas. L'opération se continue jusqu'à ce que l'intérieur de la table ou fosse soit rempli de ces matières. Alors on suspend l'arrivée de l'eau jusqu'à ce que la table ait été vidée.

§ 30. Le mélange de minerai et de matières pierreuses qui a été retiré de la caisse placée à la tête de la table, dans laquelle tout le minerai (*smiddum tails*) a été agité avec la pelle, contient des parties de galène, de plomb, de pyrites et de substances pierreuses de grosseur à-peu-près égale. On sépare la galène de ces substances par la méthode suivante :

Le laveur place sur le treillis du crible un lit d'environ deux pouces d'épaisseur de minerai de criblage fin, appelé *beding*, dans le but d'empêcher le minerai fin de passer trop vite à travers le crible. Par-dessus cette couche de minerai criblé, on charge une certaine quantité du mélange ci-dessus, et on agite le crible, à l'aide du levier, de la manière ordinaire, mais très-doucement: alors les particules de minerai que contenait le mélange, en vertu de leur pesanteur spécifique, se séparent de ce qui les accompagne, s'engagent dans le *bedding*, y descendent peu-à-peu, et finissent par tomber dans la cuve, où elles ne sont suivies que par une petite quantité de substances qui ont à-peu-près la même

pesanteur spécifique; tandis que tout le reste demeure au-dessus du même *bedding* et s'en sépare aisément au moyen de la lime (*limp*), pour être porté aux laveurs de matières très-pauvres. Cette opération, assez délicate, s'appelle *letting-in*. Si la couche de minerai criblé (*bedding*) qui couvre le crible est bien préparée et si le crible joue bien, le minerai qui tombe dans la cuve est ordinairement assez pur pour n'avoir besoin d'autre préparation que d'être passé une fois sur l'aire à débourber, pour y être nettoyé des parties terreuses fines dont il peut encore être souillé. Après cela, on le porte au magasin de minerai (*bing-stead*).

§ 31. Le dépôt inégalement riche resté (§ 29) dans la fosse inférieure est divisé en trois parties; savoir,

a, ce qui s'est déposé près de la tête;

b, ce qui s'est déposé vers le milieu;

c, ce qui s'est déposé vers le bas. Cette dernière partie, qui ne contient qu'une très-petite proportion de minerai, est abandonnée aux laveurs de matières très-pauvres, qui les lavent de nouveau, ainsi qu'on le verra ci-après, jusqu'à ce qu'ils en aient extrait tout le minerai qu'on peut en retirer avec bénéfice. Les deux autres portions, *a* et *b*, sont de nouveau lavées séparément dans la même caisse de la manière suivante:

Le laveur, un pied appuyé sur chacun des côtés de la caisse, prend dans sa pelle une certaine quantité de minerai qu'il promène transversalement le long de la paroi supérieure (*breast board*) de la caisse, sur laquelle glisse la nappe d'eau. Elle enlève petit à petit le contenu de la pelle et le dépose sur le fond de la caisse. Pendant ce temps, un enfant, assis au bas de la caisse, promène sur la surface des matières qui s'y déposent un râble de bois depuis le milieu jusqu'en haut, et toujours de bas en haut, pour empêcher le minerai de s'échapper et pour maintenir la surface du dépôt ferme et unie; ce qui contribue à la régularité de l'opération. On la répète sur le même minerai une ou deux fois ou même davantage, en un mot jusqu'à ce que ce minerai soit assez pur pour qu'on puisse achever sa préparation dans la cuve à rincer (*dolly-tub*).

Emploi de la cuve à rincer.

§ 32. Pour faire usage de cet appareil (pl. VIII, *fig.* 5, 6 et 7) (§ 14, 4°.), on remplit la cuve d'eau jusqu'à une certaine hauteur, et on y place le plan vertical appelé *dolly*. On le tourne rapidement de manière à imprimer à l'eau un mouvement circulaire. Pendant ce temps, on y verse peu-à-peu le minerai fin (*slime-ore*), qu'il s'agit de purifier, jusqu'à ce qu'il y en ait une quantité suffisante. Aussitôt que tout le minerai est parfaitement

disséminé dans le liquide, on retire le plan vertical ou *dolly*. Les ouvriers frappent alors sur les parois de la cuve pendant assez long-temps avec des marteaux ou de gros morceaux de bois pour faire tomber le minerai au fond. Les parties les plus légères du minerai qu'on a introduit, lesquelles consistent presque uniquement en matières de rebut, ne tombent que quand on a cessé de frapper : alors on fait écouler l'eau ; on enlève ensuite et on jette la boue extrêmement pauvre, qui forme la partie supérieure du dépôt, et on trouve au fond de la cuve le minerai pur, qu'on enlève et qu'on porte au magasin (*bing stead*) ; après quoi, on recommence une opération pareille. Cette manière de traiter le minerai très-fin (*slime*) est très-bonne, parce qu'elle rend le minerai plus pur et en laisse moins perdre qu'aucune autre. On sépare très-bien, par ce moyen, la blende qui accompagne toujours la galène.

§ 33. Lorsqu'au lieu de menu minerai résultant du premier criblage, et qu'on appelle *bouse-smiddum*, on a à laver les menues parties (*cutting smiddum*) qui ont passé à travers le crible en recriblant les parties pauvres données par le premier criblage, on éprouve plus de difficulté à en extraire le minerai, le mélange étant beaucoup plus considérable. Le minerai qu'on obtient, étant moins pur, se vend ordinairement

20 shellings (25 francs) par *bing* de moins que celui retiré du *bouse smiddum*.

Pour laver le schlamm très-pauvre *c*, appelé *cuttings smiddum*, obtenu (§ 31) en lavant sur les caisses le dépôt des cuves de criblage, on commence par débourber le schlamm dans la caisse à débourber, appelée *runing-buddle*, comme il a été dit ci-dessus, et le minerai obtenu dans le compartiment placé à la partie supérieure subit de même l'opération dite *letting-in*. Quant au minerai emporté par l'eau qui se dépose sur la surface de la caisse à débourber, qu'on appelle *sludge*, il est extrêmement fin et ne peut plus être traité dans la caisse précédente; mais il est lavé successivement sur deux nouvelles tables appelées *stirring buddle*, caisse à débourber les schlamms (§ 15, 2°.), et le *nicking buddle*, analogue aux tables jumelles (§ 15, 3°.).

§ 34. Dans le *stirring buddle*, le dépôt très-fin (*sludge*), retiré du *trunck-buddle*, est soumis à l'action d'un courant d'eau jusqu'à ce que la plus grande partie des matières étrangères, étant emportée vers la partie inférieure de la caisse, le reste acquière la ténacité propre au minerai fin un peu plus riche (*slime*). Dans cet état, on le retire pour le porter sur la table analogue à la table jumelle, appelée *nicking-buddle*.

§ 35. Sur cette dernière table (§ 15), le mine-

rai très-fin (*slime*) est placé en très-petite quantité sur le plan incliné qui forme la tête, et on fait couler sur sa surface une nappe d'eau, qui s'y divise en une foule de petits courans, lesquels viennent se briser contre les sillons laissés dans le minerai par la pelle de l'ouvrier; la masse entière de minerai est bientôt entraînée le long du plan incliné jusque sur la table, sur le fond de laquelle les diverses particules se déposent dans l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques. De temps en temps, le laveur, lorsqu'il n'est pas occupé à répandre de nouveau minerai sur le plan incliné, aplatit la surface du dépôt avec sa pelle, afin de la rendre ferme et unie, condition nécessaire pour que rien ne s'échappe. Une même portion de minerai fin (*slime*) est soumise plusieurs fois de suite à cette opération, appelée *nicking*, jusqu'à ce qu'on en obtienne une quantité suffisante de minerai riche, qu'on achève de nettoyer dans la cuve à rincer (*dolly-tub*), dont l'usage a déjà été suffisamment expliqué.

§ 36. Les dépôts qui se forment dans les bassins de dépôt (*slime pits*) sont très-épais et très-gluans; aussi, quand on veut les laver dans les appareils ordinaires, on est toujours obligé, avant de les porter sur les tables analogues aux tables jumelles (*nicking buddle*), de les agiter avec de l'eau claire dans la caisse à

débourber les schlamms (*stirring buddle*); ce qui détruit en partie la forte adhésion que les diverses parties avaient les unes pour les autres au sortir du *slime-pits*, en en séparant une quantité considérable de boue fine et argileuse. Le lavage s'achève dans le *dolly-tub*.

On ne suit ces procédés que quand on emploie des bassins de la première forme.

Coût des préparations mécaniques.

§ 37. Les ouvriers employés à la préparation mécanique du minerai sont payés, dans le Cumberland, à la tâche et non à la journée. On leur livre une certaine quantité de minerai brut, et on leur paye leur travail à raison de tant par *bing*, mesure contenant quatorze quintaux de minerai prêt à fondre qu'ils en retirent. Le prix varie suivant la richesse du minerai. Certaines portions se lavent à raison de 2 schellings $\frac{1}{2}$ ou 3 schellings (3 fr. 10 c. à 3 fr. 75 c.) le bing; tandis que d'autres ne peuvent l'être à moins de 8 schellings (10 fr.).

La richesse du minerai varie de 2 à 20 bings de galène par *schift* de minerai. Le *schift* contient 8 chariots.

Observations.

§ 38. N'ayant pas des données exactes sur la richesse du minerai lavé, ni sur la quantité de galène en grenailles ou en schlick qu'on en retire, nous ne pouvons émettre une opinion positive sur la perfection de ce genre de préparation mécani-

que, ni la comparer avec celles usitées en Saxe et en Bretagne. Cependant, d'après ce que nous connaissons de la beauté des schlicks, de la richesse des déchets et de la quantité de matières lavées journellement dans ces différentes contrées, nous croyons pouvoir faire les observations suivantes :

1°. Le débourbage et le triage des minerais sont exécutés dans le Cumberland avec soin et promptitude. Ces opérations, entièrement analogues à celle des mines de Poullaouën, nous paraissent inférieures au débourbage sur les grilles à gradins de Saxe, opération qui, en même temps qu'elle nettoie les minerais, a l'avantage de les classer en lots de différentes grosseurs.

2°. Le cassage ou broyage au moyen des cylindres à écraser (*crushing machine*) est beaucoup plus expéditif que celui exécuté avec des battes, et non-seulement cette machine a l'avantage d'apporter une grande économie dans les dépenses du cassage ; mais elle doit aussi diminuer considérablement la perte de la galène ; car on soumet souvent à l'action des cylindres des minerais qui sont bocardés, et dont une partie est entraînée par le courant d'eau qui s'échappe du bocard.

Ces cylindres à écraser remplacent aussi avec un grand avantage le bocard à sec employé dans quelques établissemens, et notamment à Huelgoat.

On doit donc considérer l'introduction des cylindres comme une des plus heureuses innovations qui aient été faites dans la préparation mécanique.

3°. Les cribles à secousses nous paraissent préférables aux cribles à main. Pour s'en assurer, il faudrait faire des expériences comparatives, ce que nous n'avons pas été à portée d'effectuer; mais il nous a paru que la quantité de minerai qu'on soumet à l'action du crible à secousses était plus grande dans le même temps que celle criblée à la main, sans que cela nuisît à la pureté des grenailles obtenues.

4°. Le système de lavage usité dans le Cumberland diffère essentiellement de celui employé en Bretagne. Dans le Cumberland, tous les sables produits par le bocard, une partie de ceux provenant des cylindres à écraser, les dépôts des cuves de criblage et même une partie des dépôts boueux appelés *schlamms* en Allemagne et en France, sont lavés sur des tables appelées *trunk buddle* et *stirring buddle*, analogues à celles connues sous le nom de *caisses allemandes*. Il n'y a que quelques dépôts extrêmement fins qui soient lavés sur les tables appelées *nicking buddle*, correspondantes aux tables jumelles : encore ces dépôts boueux ont-ils été débourbés auparavant, dans le premier genre de tables. En Bretagne, au contraire, les tables allemandes sont destinées

seulement aux dépôts de criblage et au sable très-gros du bocard. Tous les dépôts fins sont lavés sur des tables jumelles, dont l'inclinaison est très-faible et sur lesquelles on n'admet qu'une lame d'eau très-mince.

5°. Quant aux bassins de dépôts, ils sont construits avec beaucoup moins de soin qu'en France et qu'en Allemagne. Jamais, comme ces derniers, ils ne présentent ces longs retours sur eux-mêmes, qui leur ont fait donner le nom de labyrinthes. Cette forme est probablement due à ce que les derniers dépôts, qui sont lavés avec avantage en France et en Allemagne, ne pourraient l'être dans le Cumberland. Il y a lieu de croire cependant que l'introduction des tables à secousses permettrait de recueillir des dépôts qu'on néglige dans ce moment.

D'après ce que nous venons de dire sur le système de lavage et sur les bassins de dépôts, on peut concevoir que l'opération suivie dans le Cumberland est plus expéditive que celle usitée en Bretagne, mais aussi qu'elle donne des minerais moins purs et qu'elle occasionne des pertes plus considérables, pertes qui sont prouvées, puisque souvent on trouve de l'avantage à reprendre les rebuts et à leur faire subir une nouvelle préparation.

Nous n'osons cependant blâmer cette méthode,

parce que, dans ce pays, le combustible étant à très-bas prix, et la main-d'œuvre, au contraire, très-chère, il est possible qu'il y ait plus d'avantage à fondre du minerai moins pur, et à perdre quelques parties de galène qu'à augmenter le nombre d'opérations du lavage.

6°. Enfin, l'appareil que nous avons appelé *cuve à rincer*, et qui porte en anglais le nom de DOLLY-TUB, nous paraît devoir être adopté dans les établissemens où la galène est mélangée avec beaucoup de blende; car nous avons vu du schlick qui paraissait très-net à l'œil, et dont on a cependant séparé une quantité assez considérable de blende en le tournant dans cette espèce de cuve.

TROISIÈME PARTIE.

TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE DES MINERAIS DE PLOMB.

Détails préliminaires.

§ 39. Anciennement les minerais de plomb produits par les exploitations du Derbyshire et du nord de l'Angleterre étaient fondus dans des fourneaux très-grossiers (*boles*), soufflés par la seule force du vent, et que, pour cette raison, on plaçait sur le sommet ou sur les pentes occidentales des collines les plus élevées. Plus tard,

ces fourneaux ont été remplacés par des espèces de fourneaux à manche (*hearths*) qui ressemblaient, si ce n'est qu'ils étaient plus grands, à une forge de maréchal ; ils étaient alimentés par de grands soufflets mis en mouvement par des hommes ou par des machines hydrauliques. Maintenant l'opération principale de la fonte s'exécute toujours, en Derbyshire, dans des *fourneaux à réverbère*, et le plus souvent, près d'Alston-Moor, dans des fourneaux analogues à ceux que l'on désigne en France sous le nom de *fourneaux écossais*.

Avant d'entrer dans le détail des procédés de fonte, nous allons donner la description tant de ces fourneaux que de ceux qui servent aux opérations accessoires.

Des fourneaux employés dans le traitement métallurgique des minerais de plomb.

§ 40. Le *fourneau à réverbère* (*cupola*), qui maintenant est exclusivement employé en Derbyshire pour la fusion des minerais de plomb, y fut importé du pays de Galles, vers 1747, par une compagnie de quakers. Le premier établi dans ce comté fut bâti à *Kalstedge* sur le territoire d'*Ashover*.

Fourneaux employés.

Dans les usines où la construction de ces sor-

tes de fourneaux est le plus perfectionnée, ils ont intérieurement 8 pieds (2^m,46) de long sur 6 (1^m,85) de large dans le milieu, et 2 (0^m,62) de haut au centre. Le foyer, placé à une des extrémités, est séparé du corps du fourneau par un massif de maçonnerie appelé *pont de la chauffe*, qui a 2 pieds (0^m,62) d'épaisseur, et ne laisse que 14 à 18 pouces (0^m,36 à 0^m,46) entre sa surface supérieure et la voûte. A partir de ce point, qui est le plus élevé, la voûte s'abaisse graduellement jusqu'à l'extrémité opposée, où elle n'a plus que 6 pouces (0^m,16) d'élévation au-dessus de la sole. A cette extrémité se trouvent deux ouvertures, séparées par un prisme triangulaire de pierre réfractaire, qui vont se rendre dans un canal large d'un pied et demi (0^m,46) et long de 10 (3^m,08), qui, se recourbant vers le haut, se joint d'une manière continue à une cheminée de 55 pieds (17 mètres) de hauteur verticale. Le conduit ci-dessus est recouvert de pierres plates soigneusement jointoyées avec de l'argile réfractaire, et qu'on peut ôter lorsque le dépôt qui s'y fait, et qui finit par s'y fondre, exige un nettoyage.

L'un des côtés du fourneau porte le nom de *côté du manœuvre* (*labourer's-side*); il présente une porte pour jeter de la houille sur la grille et trois petites ouvertures ayant chacune environ

6 pouces (0^m,15) en carré. Ces ouvertures se ferment avec des plaques de fonte mobiles ; on les enlève quand le travail exige que l'air circule ou qu'on remue les matières contenues dans le fourneau. Sur le côté opposé, appelé le *côté du travail* (*working-side*), se trouvent cinq ouvertures ; savoir, trois pareilles et opposées à celles qui viennent d'être décrites, et se fermant de même avec des plaques de fonte mobiles, et plus bas deux autres, dont l'une sert à l'écoulement du plomb et l'autre à celui des scories : c'est aussi de ce côté que se trouve l'ouverture du cendrier, disposée de manière à ce qu'on puisse facilement dégager par-dessous les barreaux de la grille lorsque la houille, en se collant vient à former une masse assez épaisse pour gêner le tirage. Au fond du cendrier il y a une nappe d'eau dans laquelle s'éteignent les fragmens de houille embrasés qui passent à travers la grille.

La sole du fourneau est composée de scories de fourneaux à réverbère, auxquelles on a fait prendre une forme convenable en les battant avec une forte houe ou un râble en fer avant leur entière solidification. Du côté du manœuvre, cette sole s'élève presque jusqu'à la surface des trois ouvertures qui y sont pratiquées, et elle s'abaisse vers le côté du travail de manière à l'atteindre à 18 pouces (0^m,46) au-dessous de

l'ouverture du milieu : c'est en ce point, le plus bas du fourneau , que se trouve l'ouverture (*tap-hole*), par laquelle on laisse écouler le plomb dans une grande chaudière de fonte (*lea-pan*), disposée à cet effet dans une espèce de niche que présente la maçonnerie du fourneau. A partir du point le plus bas, ci-dessus indiqué, la sole s'élève dans toutes les directions , en formant un bassin, dans lequel se rend tout le plomb à mesure qu'il fond. Au niveau auquel s'élève ordinairement la surface du bain, se trouve au-dessous de l'*ouvreau* du *working-side*, le plus éloigné de la chauffe, l'ouverture pour l'écoulement des scories déjà mentionnée ci-dessus.

Au milieu de la voûte il existe une petite ouverture appelée *crown-hole*, qui est recouverte, pendant le travail, d'une épaisse plaque de fonte. Au-dessus de cette ouverture est placée une large trémie en bois ou en fer, terminée inférieurement par un cylindre de fer ; les matières qui sont contenues dans la trémie tombent à volonté sur la sole du fourneau en ouvrant ou en fermant une trappe placée à sa partie inférieure.

Fourneau de grillage.

§ 41. 2°. Du *fourneau de grillage* (*roasting furnace*). Ce fourneau a été introduit, depuis vingt-cinq à trente ans, aux environs d'Alston-Moor, pour griller le minerai destiné à passer au four-

neau écossais, opération qui facilite beaucoup le travail dans ce dernier. Depuis son premier établissement, il a subi successivement des modifications considérables. Le modèle qui passe aujourd'hui pour le meilleur (*fig.* 1 et 3, Pl. IX), présente une aire plane de 6 pieds (1^m,85) de long et d'une largeur presque égale, ayant de chaque côté trois portes : l'une M, plus grande que les deux autres, placée au milieu du fourneau, sert à y introduire et à en retirer le minerai ; les autres portes N,N servent seulement à remuer le minerai. On pratique pour ce même but deux portes *g,g* sur le côté opposé à la chauffe, par lesquelles on peut, à l'aide d'un râble, faire aller le minerai depuis le pont de la chauffe jusqu'à l'extrémité opposée. Le foyer B a 25 pouces (0^m,64) de long et 36 (0^m,92) de large ; il est séparé du fourneau par un massif en maçonnerie A, nommé *pont de la chauffe* (*fire bridge*).

Pour que la chaleur soit plus uniformément répandue sur le minerai, on pratique deux tuyaux C, C, séparés par un massif triangulaire D, par lesquels la fumée se rend dans la cheminée verticale *f*. Les cadmies qui se déposent dans cette cheminée sont enlevées de temps en temps par la porte O.

La sole est formée par un rang de briques posées de champ ; elles sont placées sur une

plaque de fonte Q, qui entre dans le pont de la chauffe et le mur de la cheminée, et qui repose en outre sur trois piliers en fonte *i*.

Fourneau écossais.

§ 42. 3°. Du *fourneau écossais* (*smelting-furnace* ou *ore-hearth*). Ce fourneau, que nous désignons ainsi, parce qu'il se rapproche de celui qui était employé à Pesey sous cette dénomination, a intérieurement une hauteur de 22 ou 23 pouces anglais ($0^m,59$ ou $0^m,56$). Sa section horizontale, toujours rectangulaire, est très-variable dans ses dimensions, suivant la hauteur à laquelle elle est faite, ainsi qu'on peut le voir dans la *fig.* 1, Pl. X.

La sole et les parois sont en fonte; la sole AB est formée d'une plaque de fonte de 2 pouces $\frac{1}{2}$ ($0^m,065$) d'épaisseur, bordée sur ses côtés postérieurs et latéraux d'un rebord AC de 2 pouces $\frac{1}{2}$ ($0^m,065$) d'épaisseur et de 4 pouces $\frac{1}{4}$ ($0^m,117$) de hauteur. En avant de la sole se trouve une autre plaque de fonte MN M'N', appelée *pierre du travail* (*work-stone*), entourée de tous côtés, excepté sur celui qui regarde la sole du fourneau, d'un rebord d'un pouce de hauteur et d'un pouce d'épaisseur; elle est inclinée de l'arrière à l'avant, et son rebord postérieur, placé à environ 4 pouces $\frac{1}{2}$ ($0^m,117$) au-dessus de la surface de la sole, en est séparé par un espace vide *q*, qu'on remplit avec un mélange de cendre d'os et de galène en poudre fine, humectés et broyés en-

semble. Ce mélange forme une masse impénétrable au plomb fondu, qui, après avoir rempli l'espèce de bassin que présente par ce moyen le fond du fourneau, coule naturellement par la rigole *gh* (de près d'un pouce de profondeur) pratiquée dans le *work-stone*. Le plomb se rend ensuite dans une chaudière de réception P (*melting-pot*) placée au-dessous du bord antérieur du *workstone*.

Le rebord postérieur de la sole est surmonté par une pièce de fonte CD, appelée *back-stone*, de 28 pouces anglais ($0^{m},72$) de long et de 6 pouces $\frac{1}{2}$ ($0^{m},17$) de haut, sur laquelle est placée la tuyère. Elle supporte une autre pièce de fonte EF, appelée *pipe-stone*, évidée à sa partie inférieure, au milieu de sa longueur, pour le passage de la tuyère. Cette pièce s'avance de 2 pouces dans l'intérieur du fourneau, dont la paroi postérieure est enfin couronnée par une autre pièce de fonte FH, appelée encore *back-stone*.

Sur les rebords que présente la sole sur ses deux côtés sont placées deux pièces de fonte appelées *porteurs* (*bearers*), ayant chacune 5 pouces ($0^{m},13$) de largeur et de hauteur et 26 pouces ($0^{m},67$) de long; elles s'avancent d'un pouce ou deux par-dessus le bord postérieur et le plus élevé du *work-stone*, et contribuent très efficacement à le fixer solidement à sa place.

Les pièces de fonte appelées *bearers* supportent, par l'intermédiaire de plusieurs rangs de briques réfractaires, une pièce de fonte LL′ appelée *fore-stone*, qui a les mêmes dimensions que la pièce dite *back-stone*, sur laquelle repose la base de la machine soufflante. Cette pièce est en contact par chacune de ses extrémités avec une autre pièce de fonte exactement cubique et de 6 pouces de côté, appelée *clef* (*key-stone*), supportée par de la maçonnerie ; enfin, les vides qui restent entre les deux clefs et la partie postérieure du fourneau sont remplis par deux pièces de fonte exactement pareilles aux clefs.

Le devant du fourneau se trouve ouvert sur une hauteur d'environ 12 pouces ($0^{m},30$) depuis la partie inférieure de la pièce transversale antérieure appelée *fore-stone* jusqu'à la partie supérieure du *work-stone*. C'est par cette ouverture que les ouvriers travaillent.

Les produits de la combustion en sortant du fourneau écossais se rendent souvent dans un long tuyau très-légèrement ascendant, dans lequel ils déposent toutes les particules de minerai qu'ils peuvent entraîner ; ces tuyaux, dont la longueur est souvent de plus de 100 yards (92 mètres), ont ordinairement, dans l'intérieur, 5 pieds de haut sur 3 de large ($1^{m},54$ sur $0^{m},92$); ils se terminent toujours par une chemi-

née verticale. Les parties qui se déposent près de l'entrée du tuyau ont besoin d'être lavées ; il n'est pas nécessaire de faire subir cette opération aux autres cadmies : le tout peut être reporté au fourneau de grillage pour y être grillé et réagglutiné, ou bien porté sans aucune préparation au fourneau à manche (*slag-hearth*).

Fourneau à manche.

§ 43. 4°. Le *fourneau à manche* (*slag-hearth*) est en usage à Alston-Moor depuis plus d'un siècle ; durant cet intervalle, il a subi de grandes modifications. Le vide intérieur de ceux employés actuellement (*fig.* 3 et 4, Pl. X) est un parallélipipède de 26 pouces ($0^{m},67$) de long, 22 pouces ($0^{m},57$) de large et 33 pouces ($0^{m},85$) de haut. La sole est formée par une plaque de fonte de deux pouces d'épaisseur, légèrement inclinée de l'arrière à l'avant; sur cette sole sont couchés les supports *ik* (*bearers*), qui sont des pièces de fonte semblables aux pièces du même nom du fourneau écossais; ces supports soutiennent le devant du fourneau, qui est composé de deux pièces de fonte LL', appelées *fore-stones*, ayant chacune environ 12 pouces ($0^{m},30$) de hauteur et 26 pouces ($0^{m},67$) de longueur, séparées l'une de l'autre par un rang de briques réfractaires de 2 pouces ($0^{m},051$) de hauteur, qui élèvent d'au [illegible] it [illegible] ire; entre l'inférieure et [illegible]

d'environ 7 pouces (0^m,18) de hauteur. Les parois latérales du fourneau, au-dessus des *bearers*, sont faits en pierre de taille à grain ouvert (grès à gros grains), ainsi que la partie de la paroi postérieure située au-dessus de la tuyère; la partie qui se trouve au-dessous, dont la hauteur est environ de 20 pouces (0^m,51), est formée par une plaque de fonte. La tuyère, placée, ainsi qu'on vient de le dire, à 20 pouces (0^m,51) au-dessus de la sole du fourneau, a un peu plus de deux pouces de diamètre.

On remplit tout le fond du fourneau jusqu'à 17 pouces (0^m,44) de hauteur, c'est-à-dire jusqu'à 2 ou 3 pouces au-dessous de la tuyère, avec du petit frasil de coke presque réduit en cendres, qu'on bat assez fortement. A chaque reprise de fondage (*smelting-shift*), il faut refaire cette *casse* et réparer la partie de l'intérieur du fourneau qui se trouve au-dessus de la tuyère, à l'exception du devant qui est tout en fonte.

En avant du fourneau se trouve un bassin de réception P, qu'on remplit aussi de petit frasil battu. Plus loin se trouve une fosse Q, pleine d'eau, dans laquelle arrive sans cesse un petit courant d'eau froide par le tuyau S. Les scories, en coulant du fourneau, passent par-dessus la *casse* que contient le bassin de réception, et vont tomber dans l'eau, dont la fraîcheur les fait

éclater en petits fragmens; ce qui les rend faciles à laver pour en séparer le plomb qu'elles ont pu entraîner. Pour produire cet effet le plus complétement possible, il faut que le courant d'eau froide arrive dans la fosse aussi près que possible du point où y tombent les scories : ce n'est que depuis vingt-cinq ans qu'on fait usage de ces fosses pleines d'eau. Autrefois on ne mettait pas de *casse* sur le bassin de réception, et on y recevait la scorie aussi bien que le plomb. La première se figeait à la surface, et on l'enlevait par gâteaux, qu'on bocardait ensuite pour pouvoir les laver, et séparer par ce moyen les grenailles de plomb qui s'y trouvaient.

En Derbyshire, on emploie aussi des fourneaux à manche pour refondre les scories riches et les crasses que donnent les fourneaux à réverbère. On en voit généralement un près de chacun des derniers. Ils ont environ 3 pieds de haut et sont très-larges ; ils sont composés de 4 plaques de fonte. Quelques parties de l'intérieur sont construites en briques réfractaires; ils sont surmontés d'une cheminée. La sole est composée d'argile et de cendre (menu coke) battus. La tuyère est inclinée.

Ces fourneaux sont alimentés en général par des soufflets en bois. A l'usine de *Léa*, près Matlock, la machine soufflante se compose de

deux tonneaux qui se meuvent sur des axes horizontaux : chacun de ces tonneaux est divisé en deux parties égales par un plan fixe passant par son axe, et est rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur. L'eau d'un côté communique avec celle de l'autre par une ouverture que présente la partie inférieure de la cloison. Chaque tonneau jouit d'un mouvement d'oscillation produit par une bielle attachée à la manivelle d'une roue à aubes. A chaque demi-oscillation, l'un des compartimens se trouve en communication avec l'air extérieur et se remplit, tandis que l'autre, au contraire, communique avec la buse et fournit le vent au fourneau.

Fourneau de coupelle.

§ 44. 5°. *Fourneau de coupelle* (*refining furnace*). Le raffinage du plomb, qui s'opère avec avantage dans quelques usines des environs d'Alston-Moor, s'exécute dans des fourneaux à réverbère, dont le foyer (*fig.* 1 et 2, Pl. XI) a 22 pouces ($0^m,56$) en carré, et est séparé de la sole par un massif en maçonnerie *b* (pont de la chauffe, *fire-bridge*) de 14 pouces ($0^m,36$) de largeur. La flamme, après avoir passé sur la surface du plomb qui se trouve dans la coupelle, se rend ensuite dans deux tuyaux *e*, qui prennent naissance sur le côté opposé du fourneau, et se terminent dans une cheminée *f* de 40 pieds (12^m) de hauteur. Au bas de la cheminée, sont des ouvertu-

res *ii*, *ii*, pour retirer les cadmies qui se déposent dans leur intérieur. Ces ouvertures sont bouchées pendant l'opération.

La coupelle (*cupel* ou *test*), dans laquelle l'opération s'exécute, est mobile; elle est composée d'un châssis ou cadre oval A B C D (*fig.* 3 et 4, Pl. XI) en fer, entouré d'un rebord de 3 pouces $\frac{3}{4}$ (0^m,097) de hauteur, dont le plus grand diamètre est de 4 pieds (1^m,23), et le plus petit de 2 $\frac{1}{2}$ (0^m,064); son fond présente (*fig.* 3) quatre barres transversales A D, *m m'*, *n n'*, B C, ayant, ainsi que les autres parties du cadre, 3 pouces $\frac{3}{4}$ (0^m,097) de largeur et un pouce d'épaisseur. La première de ces barres est placée à 9 pouces (0^m,23) de la partie antérieure du rebord, et les trois autres sont à-peu-près également espacées entre celle-ci et le bord postérieur.

Pour former la coupelle, on met dans le cadre (*test-frame*) des couches successives d'un mélange de cendres d'os et de cendres de fougère en poussière très-fine. Les cendres d'os forment du $\frac{1}{8}$ au $\frac{1}{16}$ du volume du mélange, suivant la pureté de la cendre de fougère qu'on emploie, en raison de la forte proportion de potasse qu'elle contient, et qui a la propriété de vitrifier à demi la poudre d'os, de faire disparaître sa friabilité et de la rendre plus durable. Pour donner de la solidité à la coupelle, on bat assez fortement les couches

de cendres, et on en met jusqu'à ce que le cadre soit entièrement rempli; ensuite on creuse la masse ainsi formée au moyen d'une petite bêche faite exprès, jusqu'à ce qu'elle n'ait plus que $\frac{3}{4}$ (0m,019) de pouce d'épaisseur dans le fond au-dessus des barres du châssis (*test-frame*). On laisse un rebord de 2 pouces (0m,051) de large à la partie supérieure, et de 2 pouces $\frac{1}{2}$ (0m,064) à la partie inférieure, excepté sur le devant, appelé *poitrine* (*breast*), qui a 5 pouces d'épaisseur. Dans cette partie antérieure, on creuse une ouverture d'un pouce et $\frac{1}{4}$ (0m,032) de large, et de 6 pouces (0m,15) de long, avec laquelle communique l'issue (*gate-way*) de la litharge.

La coupelle ainsi préparée, on la place dans le fourneau de raffinage, dont elle peut être considérée comme la sole. Elle repose sur un anneau de fer scellé dans la maçonnerie du fourneau; la hauteur de la voûte du fourneau au-dessus de la coupelle est de 12 pouces (0m,30) près du pont de la chauffe, et de 9 (0m,23), près du tuyau de sortie.

La tuyère est pratiquée sur le côté postérieur du fourneau opposé à celui par lequel coule la litharge.

Sur les côtés on pratique des ouvertures *g*, *g*, soit pour filer le plomb, soit pour introduire

du plomb fondu dans l'intérieur de la coupelle.

§ 45. 6°. *Fourneau de réduction*. On a quelquefois opéré la revivification de la litharge dans des fourneaux semblables à ceux employés pour la fusion du minerai, mais seulement un peu plus grands. Maintenant on fait principalement cette opération dans des fourneaux à réverbère (Pl. IX, *fig*. 3 et 4), dont l'aire plane a 6 pieds (1^m,85) de large, vis-à-vis des deux portes latérales *m*, *m'*: la première, par laquelle on retire les scories; la seconde, qui sert à charger le fourneau. Il existe deux autres portes *n*, *n'* plus petites, au moyen desquelles l'ouvrier accumule les crasses sur la partie du fourneau qui avoisine le pont de la chauffe. **Fourneau de réduction.**

Le foyer a 25 pouces (0^m,64) en carré, et est séparé du fourneau par le pont de la chauffe B (*fire-bridge*). A l'extrémité opposée, se trouvent tantôt un tuyau *h*, tantôt deux, par lesquels les produits de la combustion se rendent dans une cheminée verticale *f*.

Souvent le fourneau est réuni à la cheminée verticale par un long tuyau légèrement ascendant, dans lequel se dépose la litharge en poussière, entraînée par le courant d'air, et qu'on appelle *rafiner's fume*. Ce dépôt peut être employé directement pour la peinture, ou bien, sans avoir besoin de lavage préalable, porté au four-

neau à manche (*slag-hearth*). Il donne du plomb qui ne contient pas d'argent.

Ce dépôt est assez considérable pour indemniser de la construction des tuyaux, qui en même temps préviennent les effets fâcheux que produit sur la végétation des terrains voisins et sur le bétail qui y paît, l'oxide de plomb sublimé.

Le plomb se rend dans le bassin de réception P, par le canal O P.

Procédés suivis dans la fonte des minerais de plomb.

Traitement des minerais.

§ 46. *Fonte au fourneau à réverbère.* Ainsi que nous l'avons déjà dit, ce fourneau est employé exclusivement en Derbyshire pour la fonte des minerais de plomb, et on en fait également usage dans quelques usines des environs d'Alston-Moor. Nous allons décrire le procédé suivi en Derbyshire, tel que le rapporte M. Farey, en y ajoutant quelques particularités que nous avons nous-mêmes remarquées sur les lieux.

Pendant la durée d'une opération, on place dans la trémie située au-dessus du fourneau (§ 40) la charge de minerai destinée à être traitée à l'opération suivante. Cette charge se compose ordinairement de 16 quintaux, chacun de 120 livres, *avoir du poids* (54^{k},68) et est for-

mée d'un mélange intime de 5, 6, 7 et même 8 sortes de minerai venant de diverses mines et préparées de diverses manières. Les proportions du mélange se détermient par l'expérience et importent beaucoup au succès du travail.

Le minerai est plutôt à l'état de grenaille qu'à celui de schlich ; quelquefois il est très-pur et donne jusqu'à 75 pour 100 ; mais ordinairement il est mélangé d'une grande proportion de carbonate et de fluate de chaux ; son produit varie de 65 à 23 pour 100

Dès que tout le plomb produit par une opération s'est complétement écoulé et que les scories et les crasses sont entièrement enlevées, on rebouche les deux orifices d'écoulemeut avec de la chaux vive gâchée avec de l'eau en mortier assez consistant. On ôte ensuite la plaque de fonte qui se trouve au-dessous de la trémie, et en tirant la planche à coulisse qui la ferme par le bas, on laisse tomber toute la nouvelle charge dans le fourneau, sur la sole duquel on l'étend avec des râbles. Aussitôt après on ferme les portes du fourneau pour qu'il puisse s'échauffer Quand il a acquis la température convenable, qui doit être moindre que la chaleur rouge, on rouvre les portes et on remue le minerai sur la sole, alternativement par les ouvertures de l'un et de l'autre côté du fourneau.

On répète ce travail pendant deux ou trois heures, de manière à exposer à plusieurs reprises chaque partie du minerai à l'action de l'air et de la chaleur. Cette première partie de l'opération a pour objet de griller le minerai, c'est-à-dire de chasser en partie le soufre, l'arsenic, etc., et d'oxider une partie du plomb. On reconnaît que ce grillage est porté assez loin par la cessation des vapeurs que dégageait le minerai et dont l'abondance obscurcissait l'intérieur du fourneau, qui s'éclaircit alors complétement. C'est à cette époque de l'opération qu'on ajoute, s'il est nécessaire, du fondant, consistant en un mélange de spath-fluor et de spath calcaire, dans lequel le premier domine, et qu'on a mis à part pendant la préparation mécanique des minerais de plomb. La quantité qu'on en emploie est très-variable et souvent assez grande. Elle est proportionnelle à la nature du minerai; on en ajoute à plusieurs reprises et jusqu'à ce que le fondeur s'aperçoive que toutes les scories sont disposées à fondre. Il le jette avec une pelle par les ouvertures latérales du fourneau sur les parties de la sole où il paraît être nécessaire.

On ferme ensuite de nouveau les portes du fourneau, et on augmente la chaleur, afin d'opérer la réduction du plomb et la fusion complète des scories. Le métal coule à mesure vers

la partie la plus basse de la sole, et y forme un bain, sur lequel surnagent les matières terreuses en fusion, qui finissent par y former une couche de 2 à 3 pouces d'épaisseur. Le fondeur a soin, pendant ce temps, de remonter vers les parties élevées de la sole le minerai non réduit, pour qu'il reste toujours exposé à l'action de l'air et de la chaleur.

La fusion du plomb et des scories terminée, on fait couler ces dernières en ouvrant l'orifice destiné à leur donner issue (1). Elles sont très-li-

(1) D'après M. Forster, lorsqu'on établit, il y a quelques années, des fourneaux à réverbère dans l'usine de la Compagnie de Londres pour le plomb (*London lead Company*), à Whitefieldmill, dans le Northumberland, on y pratiqua deux orifices d'écoulement (*taps*), ainsi qu'il a été dit plus haut, l'un pour le plomb et l'autre pour les scories; mais, plus tard, on fut obligé de supprimer l'orifice des scories, parce que, comme il se trouvait très-près de celui par lequel coule le plomb, les ouvriers étaient fortement incommodés par la chaleur en versant le plomb dans les moules. Au lieu de faire écouler la scorie de cette manière, on imagina de jeter une certaine quantité de chaux sur la scorie liquide jusqu'à ce qu'elle fût suffisamment solidifiée, ou, comme disent les ouvriers, séchée (*dried-up*), pour qu'on pût la repousser de la surface du plomb sur des parties plus élevées de la sole, d'où, avant de recharger, on l'enlevait par une des portes.

Cette méthode de sécher les scories ne peut être employée

quides et coulent sur le pavé de l'atelier, sur lequel elles se figent. Elles sont alors opaques et d'un gris blanchâtre.

Ces scories contiennent une grande quantité de sulfate de plomb. L'analyse de l'une d'elles en a donné 38 pour 100, et une quantité assez considérable de fluate de chaux, qui leur communique probablement la fusibilité dont elles jouissent.

Aussitôt après l'écoulement ou l'enlèvement de la masse principale des scories, le fondeur répand sur la surface du bain deux ou trois pelletées de chaux vive en poudre, dont l'effet est de solidifier le reste de scories qui flottent encore sur la surface du métal. On les écarte ensuite soigneusement au moyen d'un râble ou d'une espèce de houe, et on les pousse sur la sole dans un état de demi-fluidité. Cette scorie, ou plutôt cette *crasse*, qu'on appelle *drawn-slag*, devient quand elle est refroidie d'un gris

---

que lorsque leur quantité est peu considérable. Elle était en usage en France il y a quelques années; maintenant on dessèche en ajoutant des fragmens de charbon, substitution qui a l'avantage de réduire immédiatement une certaine quantité de sulfate de plomb et de ne pas augmenter la proportion de matières terreuses.

foncé, et a une très-grande densité. Elle a quelque analogie avec les crasses blanches de Pezey et de Poullaouën, avec lesquelles elle se rapproche de composition (1). Elle est en général fondue au fourneau à manche; cependant quelques établissemens envoient à Londres une partie de celle qu'ils produisent, où elle sert aux fondeurs de cendres d'orfèvres.

Le bain de plomb étant complétement découvert, on nettoie, s'il est nécessaire, la chaudière (*lead-pan*) destinée à le recevoir et on y fait couler le plomb; on écume la surface du métal dans la chaudière et on rejette l'écume dans le fourneau, où elle présente des couleurs changeantes et d'un éclat extraordinaire. On retire aussi de dessus la surface du plomb des mattes plombeuses, qu'on traite ensuite au fourneau à manche (*slag-mill-hearth*), et quelquefois des mattes cuivreuses qu'on rejette.

Le plomb étant ainsi nettoyé, on le puise avec des poches et on le verse dans les moules. Le plomb du Derbyshire est généralement trop

---

(1) L'analyse de ces crasses, faite au laboratoire de l'École des Mines, sous la surveillance de M. Berthier, a donné 37 pour 100 de plomb métallique.

L'analyse des crasses blanches de Poullaouën donne généralement de 35 à 40 pour 100 de plomb métallique.

pauvre en argent pour qu'on puisse en extraire ce métal avec avantage.

On retire ensuite du fourneau les diverses crasses qui se trouvent encore sur la sole, et après avoir rebouché les orifices des scories et du plomb, on y laisse tomber une nouvelle charge, de sorte qu'il ne s'écoule que quelques minutes entre deux opérations consécutives. On continue ainsi toute la semaine sans interruption au moyen de deux postes d'ouvriers, qui se relèvent toutes les sept ou huit heures. Le produit moyen de tous les minerais fondus pendant plusieurs années dans les fourneaux à réverbère de *stanage*, en Derbyshire, a été de 66 pour 100, et on assure que lorsqu'on a fondu du minerai le plus pur tout seul, on a obtenu 76 pour 100.

Au fourneau à réverbère d'Ecton on emploie comme flux du spath-fluor de la mine de *knowle* près de Matlock.

Fonte des crasses au fourneau à manche.

§ 47. *Fonte au fourneau à manche, des crasses, ou scories riches du fourneau à réverbère.* La scorie noire (*black* ou *drawn-slag*) du fourneau à réverbère est cassée, au marteau, en petits morceaux, et mêlée en proportion convenable avec le frasil de houille qui tombe à travers la grille du fourneau à réverbère. Aux scories noires on joint les mattes plombeuses qui surnagent sur la surface du bain de plomb quand on le raffine

par le repos de masse, ainsi que les matières qui se déposent dans la cheminée du même fourneau : on y ajoute, comme fondant, du minerai extrêmement pauvre, ayant pour gangue de la chaux carbonatée et de la chaux fluatée, qui a été mise à part pendant la préparation mécanique. C'est avec un mélange de ces diverses matières qu'on charge le fourneau à manche (*slag-mill-hearth*) décrit plus haut (§ 43).

Par l'action de la chaleur et du charbon le plomb se revivifie, les matières terreuses coulent en scories très-liquides, et le tout se rend à travers la masse enflammée dans un bassin de réception placé au-dessous. On épaissit les scories en jetant de la chaux vive dessus, et on l'arrache avec un râble. Ces scories sont rejetées ou employées seulement au raccommodage des routes. A la fin de l'opération, le plomb réuni dans le bassin de réception est moulé en saumons d'une forme particulière. Ce plomb, appelé *slag-lead*, est plus dur, plus sonore que le plomb obtenu au fourneau à réverbère; il est préféré pour la fabrication du minium (1), pour celle du

---

(1) Il paraît, au premier abord, étonnant que les crasses fournissent du plomb susceptible de donner un bon minium ; mais en réfléchissant que c'est principalement le cuivre qui altère la couleur de cet oxide, on concevra faci-

plomb de chasse et pour quelques autres usages.

Traitement au fourneau écossais.

§ 48. *Traitement des minerais de plomb par le moyen du fourneau écossais.* Ainsi que nous avons déjà eu occasion de l'annoncer, le fourneau écossais décrit (§ 42), est généralement employé dans le Northumberland, le Cumberland et le comté de Durham pour la fusion des minerais de plomb. Autrefois on les portait à ce fourneau sans préparation ; maintenant on leur fait presque toujours subir un grillage préliminaire : le minerai grillé donne, au fourneau écossais, un produit plus considérable que le minerai cru, parce qu'il forme dans le fourneau une masse plus poreuse, et en même temps, pour nous servir de l'expression des fondeurs, il *marche plus sec* (*works dryer*). Il permet alors au courant d'air atmosphérique lancé par les soufflets de se disséminer plus complétement à travers les matières que contient le fourneau.

La possibilité de se passer du grillage est due sans doute à la présence assez constante du plomb blanc ou carbonaté, qui est, après la ga-

---

lement que tout ce métal a passé dans les scories du fourneau à réverbère ou qu'il est mélangé avec le plomb provenant de cette opération. Effectivement, on enlève de dessus le bain de plomb des plaques de mattes de cuivre, comme nous l'avons déjà observé.

lène, le minerai le plus abondant dans ces contrées ; il ne forme en général qu'une assez petite portion du minerai, quelquefois cependant il devient très-abondant. On en a trouvé des masses considérables à *Fair-hill-flow-edge* et à l'entrée de la mine de *Hudgill-burn* près d'*Alston-Moor*. Le carbonate de plomb cristallisé (minerai en dent de chien) ne se rencontre jamais qu'en petite quantité.

On trouve aussi dans quelques mines de ces contrées, en quantité assez considérable pour être compté parmi les minerais, un minéral de plomb à l'état terreux (carbonate ou phosphate) mélangé avec des matières terreuses. On en a retiré particulièrement de la mine de *Green-gil-westend* dans le territoire d'Alston-Moor.

On conçoit que, dans le traitement métallurgique, on doit avoir égard non-seulement aux proportions dans lesquelles la galène se trouve mélangée des deux autres espèces de minerais, mais encore à la nature et aux proportions des autres substances qui peuvent s'y trouver combinées ou mélangées.

Grillage des minerais de plomb.

§ 49. *Grillage des minerais de plomb.* La charge du fourneau de grillage, décrit précédemment (§ 41), est de 9 à 11 quintaux de minerai, qu'on met dans le fourneau sans aucune addition. On passe ordinairement trois de ces charges

en huit heures; le feu doit être poussé de manière à produire constamment une épaisse fumée sur la surface du minerai, sans cependant qu'aucune de ses parties coule et forme des scories, accident qui mettrait obstacle au but principal de l'opération, qui est de brûler le soufre et l'antimoine, et de dégager l'acide carbonique; pour l'empêcher d'arriver, aussitôt que les ouvriers remarquent que quelque partie du minerai devient molle ou collante, ils en renonvellent sur-le-champ la surface en la remuant avec un râble transversalement ou longitudinalement suivant le cas. De temps à autre ils font aller le minerai du pont de la chauffe vers l'extrémité opposée du fourneau et réciproquement, afin qu'il n'existe pas une grande différence dans les températures des deux extrémités du fourneau. L'uniformité dans la température des divers points du fourneau est très-désirable, mais tres-difficile à obtenir, sur-tout si on n'agit pas toujours sur des minerais de même nature; ce qui peut faire varier dans le rapport de 2 à 1 la chaleur à produire. Par exemple, si on grille dans un fourneau construit pour des minerais qui demandent la plus haute température des minerais qui en exigent une très-faible, les différens points du fourneau seront échauffés très-inégalement, attendu que la flamme qui lèche la sur-

face de toute la charge quand on chauffe fortement, n'échauffera que les parties attenantes au pont de la chauffe quand on produira une température faible. Dans le grillage on évite soigneusement de fondre le minerai; cependant, quelque précaution qu'on apporte dans cette opération, les parties fines du minerai, ainsi que les poussières métalliques recueillies dans les cheminées horizontales, s'agglutinent. Pour éviter que le minerai en se refroidissant ne prenne en masse, on le fait tomber, au sortir du fourneau, dans une fosse pleine d'eau, située au-dessous d'une des portes latérales.

Fonte au fourneau écossais.

§ 50. *Fonte des minerais de plomb au fourneau écossais.* Lorsqu'on a achevé au fourneau écossais une reprise de fondage (*smelting-shift*), une partie du minerai, désigné sous le nom de *browse*, demeure dans un état de demi-réduction mêlé avec du coke et des scories. On trouve plus avantageux de le conserver pour commencer l'opération suivante, que le minerai cru ou même grillé. Pour mettre le fourneau en feu, on commence par en remplir l'intérieur de tourbe moulée en briques d'environ 12 pouces ($0^{m},30$) de longueur sur 3 ($0^{m},075$) de largeur et 3 ($0^{m},075$) d'épaisseur; celles de ces briques qui sont placées vers la partie postérieure sont entassées sans ordre, mais celles qui se trouvent sur le

devant sont rangées avec soin en forme de muraille. Une brique de tourbe enflammée est alors placée devant la buse des soufflets qu'on met en jeu, et dont le vent propage rapidement la combustion dans toute la masse. Pour augmenter la chaleur, et pour rendre le feu plus durable et plus ferme, on jette quelques pelletées de houille par-dessus la tourbe; lorsque ces diverses substances sont convenablement embrasées, on jette dessus une certaine quantité du minerai déjà en partie réduit, appelé *browse;* ensuite (et quelquefois avant que tout le *browse* ait été jeté sur le feu) la plus grande partie des matières contenues dans le fourneau est tirée sur la *plaque de travail* (*work-stone*) au moyen d'un large *fourgon* en fer appelé *gowelock;* le rebut du minerai appelé *scorie grise* (*grey-slag*), et qu'un fondeur exercé distingue par son *éclat* plus grand que celui du *browse*, est enlevé à la pelle et jeté à droite dans le coin extérieur du fourneau. On rejette alors dans le fourneau le *browse* resté sur la *plaque de travail* (*work-stone*), en y ajoutant un peu de charbon s'il est nécessaire. Si le *browse* n'est pas assez nettement séparé de la scorie (*slag*), ce qui se reconnaît à ce que la totalité de la masse se trouve dans un état de mollesse et présente une tendance à la fusion, on ajoute de la chaux, qui, en vertu de son affinité

pour les substances argileuses, siliceuses et ferrugineuses, sèche les matières, comme disent les fondeurs, et donne aux parties terreuses la propriété de se réunir en loupes ou balles; si, au contraire, les parties siliceuses, argileuses ou ferrugineuses que renferme le minerai sont trop réfractaires, on ajoute aussi de la chaux, qui, en les rendant plus fusibles, leur communique encore la propriété de se réunir en loupes ou balles. On voit un exemple de ces deux manières d'agir de la chaux dans le traitement du plomb au fourneau à réverbère. En jetant de la chaux, ou, ce qui revient au même, du carbonate de chaux, sur les matières qui couvrent la sole, on favorise la fusion des parties terreuses, qui coulent et viennent nager sur la surface du bain, et en jetant sur la surface de celui-ci une nouvelle quantité de chaux, on transforme les matières fondues qui le recouvrent en un mélange sec de de chaux et de scorie.

Ces loupes, qu'on appelle *grey-slag*, contiennent depuis $\frac{1}{10}$ jusqu'à $\frac{1}{15}$ du plomb qui était renfermé dans le minerai. On les fond ensuite, à une plus haute température, dans un fourneau à manche approprié à cet usage (*slag-hearth*) pour en retirer ce plomb. Nous décrirons plus loin cette opération; mais revenons au procédé exécuté dans le fourneau écossais.

Après avoir rejeté le *browse* dans le fourneau, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, on répand pardessus quelques pelletées de minerai ; mais avant de faire cette opération, et après avoir enlevé la scorie, on commence toujours par mettre devant la tuyère la moitié d'une brique de tourbe, corps qui, étant extrêmement poreux et combustible, non-seulement empêche que rien n'entre dans la buse des soufflets, mais en arrêtant une partie du vent sans lui couper le passage, le force à se diviser et à parcourir tous les vides qui restent dans le fourneau. Comme l'orifice de la tuyère n'a qu'environ 2 pouces de diamètre, si on n'employait pas ce moyen ou quelque autre du même genre, le vent passerait en un simple filet de peu de largeur. Cela fait, et après un intervalle de 10 à 15 minutes, que le fondeur doit savoir déterminer convenablement, les matières contenues dans le fourneau sont de nouveau tirées sur la *plaque du travail* (*work-stone*) et la scorie (*grey-slag*) est triée et enlevée; on met alors un nouveau morceau de tourbe devant la tuyère et on ajoute de la houille et de la chaux dans les proportions convenables. On rejette le *browse* dans le fourneau, puis on charge une nouvelle quantité de minerai par-dessus, et on la laisse dans le fourneau pendant le temps ci-dessus indiqué.

Le même travail, répété pendant quatorze ou quinze heures, forme ce qu'on appelle une reprise (*smetling-shift*); pendant ce temps, on obtient de 20 à 40 quintaux et plus de plomb.

Par ce procédé, la partie la plus pure du plomb, ainsi que l'argent, sont, pour ainsi dire, transsudées des matières avec lesquelles ils sont mêlés, sans que rien entre en fusion que ces deux métaux alliés l'un à l'autre, et il paraît que cette faible température employée dans le fourneau écossais est la principale raison de la pureté du plomb qu'il produit.

§ 51. *Fonte du fourneau à manche des scories du fourneau écossais.* Avant de mettre en feu le fourneau à manche (*slag-hearth*), décrit plus haut (§ 43), on en répare les parois et on refait la *casse* tant de son intérieur que du bassin de réception. On remplit ensuite le reste du vide avec des briques de tourbe, et après avoir enflammé une de ces briques on la place devant la buse des soufflets, qu'on met en même temps en jeu; ce qui propage la combustion dans toute la masse. On jette alors sur la tourbe embrasée une couche de coke, et aussitôt qu'elle est parvenue à un degré de chaleur suffisant, on répand dessus une couche de scories du fourneau écossais (*grey-slag*) ou de toute autre matière que l'on veut traiter; de temps en temps, à mesure que

Fonte des scories au fourneau à manche.

le moment convenable arrive, on ajoute, couche par couche, du coke et des scories. Dans cette opération, la scorie et le plomb sont amenés à un état de fluidité parfaite ; mais le dernier se sépare de la première en passant à travers la *casse* de frasil qui fait fonction de filtre, et que la scorie ne peut traverser à cause de sa viscosité. Dès qu'il se trouve sur la *casse* des scories parfaitement fondues, l'ouvrier y fait un trou d'environ un pouce de diamètre au moyen d'un ringard recourbé; elles s'écoulent par cet orifice, et, passant sans pouvoir y pénétrer sur la casse qui couvre le bassin de réception, coule en torrent enflammé dans la fosse pleine d'eau, où elle se divise en petits grains propres à être soumis directement au lavage.

Le plomb obtenu ainsi par la fusion des scories (*grey-slag*) est toujours plus impur que celui extrait du minerai dans le fourneau de fusion (*ore-hearth*). Jamais il n'est parfaitement séparé des matières qui étaient combinées avec lui, et il est durci par l'action du coke, qui l'imprègne de carbone : par conséquent le fourneau à manche ne doit jamais s'employer que lorsque le premier fourneau (*ore-hearth*) ne peut servir ou agit extrêmement lentement, comme dans le cas où l'on traite du carbonate de plomb.

On peut aussi fondre au fourneau à manche

un mélange en proportion convenable de galène et de scories très-grises ou noires. La séparation du plomb d'avec le soufre a lieu, en vertu de l'affinité de cette dernière substance, pour le fer contenu dans la scorie, avec lequel il se combine: aussi faut-il moins de scorie quand celle-ci contient beaucoup de fer; ce qui se reconnaît à sa couleur plus foncée.

Raffinage du plomb.

§ 52. *Raffinage du plomb pour en extraire l'argent.* Cette opération, que le plomb du Derbyshyre ne peut subir avec avantage, s'exécute dans un certain nombre des usines des environs d'Alston-Moor, et toujours sur des plombs obtenus par le procédé du fourneau écossais; la pratique du raffinage n'a été introduite dans ces contrées que sous le règne de Guillaume et Marie. M. Westgard Forster dit qu'il ignore jusqu'à quel point le procédé d'alors ressemblait à celui d'aujourd'hui, quoiqu'il soit probable qu'il était en partie le même. Il paraît toutefois qu'on a gagné près de moitié depuis 50 ans, sous le rapport de la célérité de l'exécution.

Le fourneau de coupelle, décrit plus haut (§ 44), étant préparé et la coupelle placée on allume le feu, qui doit être poussé, dans les premiers momens, avec beaucoup de ménagement pour sécher la coupelle sans la faire éclater, comme cela arriverait infailliblement si une cha-

leur brusque faisait évaporer trop vite l'eau qu'elle contient. Lorsqu'on l'a peu à peu séchée complétement et amenée à la chaleur du rouge naissant, on la remplit presque entièrement de plomb qu'on a fait fondre d'avance dans une chaudière de fer; elle peut en recevoir environ 5 quintaux. A la température à laquelle on introduit le plomb, il se couvre de suite d'une pellicule grise d'oxide; mais quand la température du fourneau a été peu à peu élevée jusqu'au degré convenable, il devient d'un rouge blanchâtre et a toute sa surface recouverte de litharge: alors on met en jeu la machine soufflante, dont le vent, dirigé dans le sens du grand axe de la coupelle, pousse la litharge vers la poitrine (*breast*) de la coupelle et la fait passer par l'issue (*gate-way*) qui lui a été préparée, et par laquelle elle tombe sur une plaque de fonte de niveau avec le sol de l'atelier, et s'y prend en larmes. Dans cet état, on l'enlève pour la porter au fourneau de réduction et la revivifier. Comme, par l'effet de l'oxidation continuelle qu'elle subit, la surface du plomb s'abaisse nécessairement au-dessous ou au niveau de la voie de la litharge, on ajoute de nouveau du plomb fondu, qu'on prend avec une cuiller dans la chaudière ci-dessus mentionnée aussi souvent que le besoin s'en fait sentir; on continue l'opération de cette ma-

nière jusqu'à ce qu'on ait introduit dans la coupelle 84 quint. ou 4 foudres (*fodder*) de Newcastle de plomb, ce qui dure de 16 à 18 heures, si la tuyère a été disposée de la manière convenable. Toute la quantité d'argent que renferme cette masse de plomb est laissée en combinaison avec environ un quintal de plomb, qu'on appelle plomb riche, et qu'on retire de la coupelle.

Lorsqu'on s'est procuré un nombre suffisant de ces pièces de plomb riche, pour que, d'après leur richesse respective déterminée par un essai, elles contiennent en tout 1,000 à 2,000 onces d'argent, on les refond pour en extraire l'argent dans le fourneau décrit ci-dessus, mais dans une coupelle, qui diffère de la précédente en ce qu'elle présente à son fond une dépression propre à recevoir, à la fin de l'opération, le gâteau d'argent, de manière qu'une portion du fond reste à découvert et qu'on puisse y pousser avec un petit râble les scories qu'on arrache des bords du gâteau d'argent.

§ 53. *Réduction au fourneau à réverbère, de la litharge obtenue par le raffinage du plomb.* La litharge obtenue aux environs d'*Alston-Moor* par le raffinage du plomb se vend rarement en nature, mais est presque toujours revivifiée dans le fourneau à reverbère décrit (§ 40). Réduction de la litharge

Pour commencer la réduction de la litharge,

on place d'abord sur la sole un lit de houille d'environ deux pouces d'épaisseur ; la flamme du foyer met bientôt cette houille en feu, et en peu de temps elle est réduite en frasil rouge de feu. Alors on jette dessus une certaine quantité d'un mélange fait d'avance avec soin de litharge et de menue houille, et on répand ce mélange sur toute l'étendue de la sole ; on conduit en même temps le feu du foyer de manière à avoir dans le fourneau la température convenable pour permettre au combustible d'enlever à la litharge son oxigène et de mettre le plomb en liberté. Ce plomb est reçu dans une chaudière de fonte et coulé en saumon d'un quintal $\frac{1}{2}$, et prend le nom de *plomb raffiné*. Il est d'une qualité supérieure à tout autre, et se vend le plus cher.

Il est bon que la quantité de menue houille qu'on mêle à la litharge avant de la charger dans le fourneau, soit un peu moindre que celle qui serait nécessaire pour en opérer la réduction, parce que, si dans le cours du travail les ouvriers remarquent qu'il en manque dans quelque partie du fourneau, ils sont toujours maîtres d'en ajouter, tandis que la surabondance de la houille augmente nécessairement la quantité de scories, qui, à la fin du travail, doivent être arrachées du fourneau avant qu'on ne recommence, et avec elle la perte de plomb.

Dans ce fourneau, on peut revivifier en neuf ou dix heures, six foudres (*fodders*) de plomb. Pendant les six premières heures du travail, on ajoute à de courts intervalles, du mélange de litharge et de houille.

Il est digne de remarque que le travail ne marche ni aussi bien, ni aussi vite quand la houille et la litharge sont réduites en parties trop menues; cela paraît venir de ce qu'alors la réduction n'a guère lieu qu'à la surface, à cause du manque d'air pour la combustion du charbon mêlé avec la litharge et la production de la chaleur nécessaire à leur action mutuelle. Au contraire, lorsque la litharge est laissée en fragmens à-peu-près de la grosseur d'un œuf de poule, l'action a lieu à-la-fois dans toute la masse, et les vapeurs charbonneuses, dégagées de la houille, vont opérer la réduction jusque dans le centre des fragmens de litharge, dans les fentes desquels elles pénètrent et dont elles enlèvent l'oxigène. On évite de pousser la chaleur assez loin pour fondre la litharge.

Les fonds de coupelle et les crasses du fourneau de réduction, qui sont un mélange de menu *coke*, de cendre de houille et d'oxide de fer plus ou moins imprégné de plomb, sont fondus au fourneau à manche (*slag-hearth*), avec du coke et en y ajoutant comme fondant une cer-

taine quantité de scorie noire provenant du même fourneau, et qu'on a préparée pour cet usage en la coulant en plaques minces et la brisant en petits morceaux. Le plomb ainsi obtenu est généralement très-blanc et très-dur, et n'est pas susceptible d'être raffiné.

On traite aussi dans le fourneau à manche, comme il vient d'être dit, les dépôts qui se forment dans les cheminées horizontales, après les avoir soumis à l'opération du rôtissage.

Observations. § 54. Le peu de détails que nous possédons sur la richesse en plomb des minerais fondus dans le Derbyshire et dans le Cumberland, ainsi que sur la quantité de charbon que consomment les méthodes employées dans ces deux comtés, ne nous permet pas de les comparer avec celles qui sont en usage en France et en Allemagne. Nous ferons seulement quelques observations pour faire ressortir les différences qui existent entre elles.

Dans le Derbyshire, le traitement des minerais de plomb s'exécute entièrement dans des fourneaux à réverbère, dont les dimensions sont plus considérables que celles des fourneaux à réverbère de Bretagne. Mais ce qui caractérise sur-tout cette méthode, c'est que l'on y fond des minerais pauvres, comme on le ferait dans un fourneau à manche, et qu'on obtient des

scories coulantes, en ajoutant un fondant composé de chaux carbonatée et de chaux fluatée. Elle paraît préférable au travail au fourneau à manche, dans lequel il est difficile d'avoir des produits constans, qui occasionne une perte de plomb plus considérable et une plus grande dépense en combustible; et dans des lieux comme à Confolens, où l'on possède un minerai qu'il est difficile de réduire en un schlick pur sans de grandes pertes de galène, peut-être serait-il bon de faire l'essai de cette méthode.

Le procédé mixte employé dans le Cumberland de griller le minerai dans des fourneaux à réverbère et de fondre le minerai grillé dans de petits fourneaux assez analogues aux fourneaux écossais, paraîtrait donner un peu moins de plomb que si les deux opérations étaient faites dans le fourneau à réverbère; mais, d'après M. Forster, qui a comparé ces deux genres de traitement, cette légère perte est plus que compensée par la moindre consommation de charbon, la rapidité de l'opération, et sur-tout parce que le plomb qui provient du fourneau écossais est beaucoup plus pur, à tel point que, lorsqu'il s'agit de le raffiner, la perte, dit M. Forster, n'est que de $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{13}$; tandis que lorsqu'on opère sur du plomb obtenu au fourneau à réverbère, elle va souvent à un neuvième. Aussi le plomb obtenu

par la première méthode peut-il être raffiné avec avantage lorsqu'il donne seulement 5 onces d'argent par foudre (20 quintaux, poids de marc); tandis que celui produit par le fourneau à réverbère ne peut être coupellé que quand il donne 10 onces par foudre; et comme dans la coupellation usitée dans ce pays on ajoute continuellement de nouveau le plomb sans écumer, la litharge que l'on obtient dans le second cas, ne peut jamais être versée dans le commerce; tandis qu'au contraire celle produite par les plombs du fourneau écossais est de bonne qualité.

GISEMENT

DES MINERAIS DE ZINC EN ANGLETERRE.

Les minerais de zinc se trouvent en Angleterre dans deux gisemens différens, analogues à ceux dans lesquels on les exploite soit en France, soit en Belgique et en Silésie.

Le premier est en filons dans le calcaire de transition le plus moderne, c'est-à-dire dans celui qui précède immédiatement le terrain houiller, et dans lequel cette dernière formation se prolonge ainsi qu'on le voit aux environs d'Alston-Moor dans le Cumberland. Ce rapport, qui paraît exister entre le terrain houiller et le calcaire qui lui est inférieur, l'a fait appeler par les Anglais *calcaire carbonifère*. Il a reçu également le nom de *calcaire de montagne* (*mountain limestone*) et de *calcaire métallifère*.

La blende et la calamine accompagnent le plus ordinairement les nombreux filons de galène qui traversent ce calcaire; il s'en faut cependant beaucoup que dans toutes les mines où l'on exploite du plomb il se trouve de la calamine; dans quelques cas, au contraire, il existe des

filons qui ne contiennent que de la calamine; à Matlock, par exemple, il y en a un de cette nature, qui fournit une assez grande quantité de ce minerai.

Dans presque tous les points de l'Angleterre où le calcaire métallifère existe, on voit des exploitations de plomb et de calamine. Les environs d'Alston-Moor dans le Cumberland, de Castleten et de Matlock dans le Derbyshire, et la petite bande métallifère du Flintshire (pays de Galles) sont sur-tout remarquables par l'abondance et la richesse de leurs mines. Sur la côte nord de ce dernier comté, la calamine se trouve dans le riche filon de plomb exploité à Holywel. Son extraction n'est qu'accessoire à celui du plomb, ainsi que dans presque toutes les autres localités que nous avons citées; mais la calamine présente ici une particularité singulière, c'est qu'elle se trouve dans les ramifications du filon qui marchent de l'est à l'ouest et jamais dans celles qui se dirigent au nord-sud; tandis que la blende, qui abonde dans cette mine, se trouve indifféremment dans toutes les directions.

Les mines de Pont-Péan et de Poullaouën en Bretagne, celles de Pierre-Ville dans le département de la Manche, nous offrent un gisement semblable de la blende. Ce minerai accompagne dans ces diverses localités des filons de galène

qui existent dans un terrain assez analogue au calcaire métallifère des Anglais : seulement, en Bretagne, on n'a jusqu'ici reconnu que les couches de grès de cette formation; mais leur position, et les productions qu'elles renferment, ne laissent presque aucun doute sur son rapprochement avec le calcaire métallifère.

Le second gisement de la calamine est dans la formation du *calcaire magnésien* des Anglais, qui correspond assez exactement avec le *calcaire alpin* des géologues français, et le *zechstein* des Allemands. La calamine y est disséminée en petits filons contemporains, qui courent dans toutes les directions et semblent y former un réseau; ces petits filons se réunissent dans tous les sens, leurs dimensions sont très-variables. Ordinairement ils n'ont que quelques pouces de puissance; mais, dans certains cas, ils atteignent jusqu'à 4 pieds : c'est sur-tout à la réunion de plusieurs de ces petits filons que l'on observe ces renflemens.

On trouve également de la galène dans ces petits filons, mais elle est rarement assez abondante pour être susceptible d'être exploitée; il paraît cependant qu'autrefois on a retiré une grande quantité de plomb de ce genre de gisement.

Les exploitations de calamine de cette formation sont situées principalement sur les flancs

de Mendips-Hill, chaîne qui s'étend dans une direction nord-ouest-sud-est, depuis le canal de Bristol jusqu'à Frome.

Le calcaire magnésien proprement dit est assez rare dans cette chaîne; il y est remplacé par le conglomérat magnésien, qui recouvre immédiatement le terrain de calcaire métallifère, et le vieux grès rouge qui constitue le noyau de Mendips-Hill et qui forme autour de la montagne comme une ceinture plus ou moins épaisse. Ce conglomérat est ordinairement recouvert par la *marne rouge* et par le *lias* (*calcaire à gryphites*) : quelquefois il n'est pas recouvert, de façon qu'on pourrait le croire d'une formation beaucoup plus moderne. Il est composé de fragmens de dimensions différentes de roche des montagnes voisines, principalement de calcaire métallifère et de vieux grès rouge, reliés par le ciment de calcaire magnésien. Dans quelques endroits, ce ciment est tellement dominant, que la roche paraît être un véritable calcaire magnésien.

Ce conglomérat est très-remarquable par la grande quantité de petites cavités qu'il présente, et qui varient d'une demi-ligne à quelques lignes en diamètre. Ces cavités sont remplies de calcaire soit concrétionné, soit cristallisé en dents de cochon; elles renferment accidentellement de la strontiane et de la calamine. Cette dernière subs-

tance remplace quelquefois les cristaux de chaux carbonatée et forme une pseudo-morphose.

Outre ces petites cavités, il existe aussi dans cette formation des cavernes assez considérables, dues sans doute à des amas de sable qui auront été enlevés postérieurement par l'action des eaux. On trouve dans toutes ces cavités des matières terreuses d'un gris jaunâtre, qui ressemblent assez à ce que les Allemands appellent *asche*, circonstance qui tend à rapprocher encore ce calcaire et le zechstein.

La calamine existe en plus ou moins grande abondance sur toute la circonférence des collines de Mendips-Hill; mais c'est sur-tout dans les paroisses de Phipham et de Roborough, ainsi que près de Rickford et de Broadfield-Doron, que ce minerai est exploité, au moyen d'une infinité de petits puits. Par-tout des déblais annoncent la multiplicité de ces exploitations ouvertes par les habitans du pays. Les extracteurs paient, pour droit d'exploiter, une taxe d'une livre sterling (25 fr.) par an aux lords de la trésorerie. Les minerais, mélangés d'une quantité assez considérable de chaux carbonatée, sont vendus une livre par tonneau à Phipham, après un lavage grossier au crible. Ils sont expédiés de là à Bristol, où ils subissent un nouveau lavage, qui en sépare la galène. Ce tra-

vail est fait par des ouvriers laveurs, qui retirent leur salaire de la vente de ce minéral.

Ce gisement de la calamine répond à celui de Tarnowitz en Silésie, et probablement à celui de Combecave près Figeac; dans ces deux localités, le minéral est disséminé en veines contemporaines au terrain, et la galène qui y est exploitée est un rapprochement de plus entre le calcaire alpin et celui de Mendips-Hill.

Il correspond probablement aussi à l'immense dépôt de calamine de la Belgique. Dans presque toutes les cavités où la calamine existe dans ce pays, notamment aux environs de Stolberg, elle est accompagnée de galène. La calamine est disséminée en rognons, en boules concrétionnées, et forme dans l'argile qui remplit ces cavités de petites veines qui se ramifient dans tous les sens. Souvent cette argile renferme des galets de roches environnantes, et il se pourrait qu'elle remplaçât ici les parties terreuses (*asche*) si abondantes dans le zechstein, et même dans le calcaire magnésien de Sunderland; il serait intéressant de s'assurer de la nature de cette argile.

FUSION DES MINERAIS DE ZINC

EN ANGLETERRE (1).

La plupart des usines où l'on prépare le zinc sont situées dans les environs de Birmingham et de Bristol; la fabrication du cuivre jaune, qui est principalement et depuis long-temps en activité dans ces deux villes, est probablement la cause de l'introduction de cette industrie à l'époque où l'on commença à faire le laiton par l'alliage direct du zinc métallique, en remplacement de la calamine. On voit aussi quelques fours à zinc, aux environs de Sheffield sur les exploitations de houille qui avoisinent cette ville.

Les usines de Bristol et de Birmingham sont alimentées principalement par les exploitations de Mendips et par celles du Fintshire. Les fourneaux de Sheffield tirent leur calamine des terrains métallifères d'Alston-Moor dans le Cumberland.

(1) Ce travail a été fait par M. E. Mosselman. Nous avons cru devoir le réunir dans cet ouvrage, pour compléter la description des différens travaux métallurgiques exécutés en Angleterre.

Grillage de la calamine. La calamine dont on a séparé la galène par le triage est calcinée avant d'être mise dans les fours de réduction; cette opération se fait dans des fours à réverbère d'environ 10 pieds de longueur sur 8 de largeur; le minerai, grossièrement concassé, est placé sur l'aire du fourneau par couches d'environ 6 pouces. Dans quelques usines, on ne la calcine pas, et la calamine, cassée à la grosseur d'un œuf de pigeon, est mélangée avec partie égale en volume de houille menue.

Réduction de la calamine. Les fours de réduction sont rectangulaires ou ronds; ils renferment 6 ou 8 pots. Les fours circulaires sont ceux qui présentent le plus d'avantage pour la facilité du travail; ils ne contiennent ordinairement que six pots, ainsi qu'il est figuré dans le plan ci-joint. Les pots y sont introduits en démolissant les petits murs *a a*; ceux que l'on remplace pendant que le four est en activité sont préalablement chauffés dans un four pour cet usage : ce four est composé d'une aire, sur laquelle est placé le creuset ou pot, et de chaque côté il y a un petit foyer; le transport et le placement se font au moyen d'une pince montée sur deux roues en fer, représentée *fig.* 4. Les pots sont faits en argile; ils sont percés à leur partie inférieure d'un trou, par lequel le zinc coule dans le condenseur. Pour les charger, on commence par boucher le trou inférieur, au moyen d'une pièce

de bois convenable, et dont le charbon empêche le mélange, que l'on introduit par la partie supérieure, de s'écouler.

On laisse le trou du couvercle ouvert pendant environ deux heures après la charge, jusqu'à ce que la couleur bleue de la flamme indique un commencement de réduction. A cette époque, on le ferme avec un plateau d'argile réfractaire; on place les tuyaux de tôle à la suite des condenseurs, et au-dessous des vases de même matière destinés à recevoir le métal; quelquefois, ces vases sont remplis d'eau, pour empêcher le zinc qui tombe de jaillir au dehors. Pendant toute la durée de la réduction d'une charge, le seul soin des ouvriers est d'alimenter le feu, et de déboucher les condenseurs, qui sont quelquefois engorgés par le zinc, qui s'y amasse en trop grande abondance; ils le font en déterminant la fusion du métal, au moyen d'une tige recourbée de fer rouge qu'ils introduisent par la partie inférieure.

Le zinc recueilli dans cette opération est sous forme de gouttes et de poudre très-fine, mélangées d'oxide; on le fond dans une chaudière en fer, placée sur un fourneau disposé pour cela, l'oxide s'écume à la surface pour être remis dans les pots, et le métal est coulé dans des lingotières.

Pour décharger les creusets à la fin de chaque opération, on retire le condenseur; l'ouvrier brise

alors avec un ringard le charbon qui bouche le fond du creuset, et le résidu tombe; il achève de vider en agitant par la partie supérieure. Pour replacer le condenseur, on met une petite bande d'argile humide sur le rebord, qu'il porte à sa partie supérieure, et on le serre contre le fond du creuset, au moyen des petites tiges indiquées dans la figure.

Trois hommes sont employés pour le travail d'un four, un chef et deux manœuvres; ils fabriquent eux-mêmes les pots avec un mélange de parties égales d'argile réfractaire crue et d'argile calcinée, provenant des débris des vieux pots: la durée moyenne de ces pots dans le four de réduction est de quatre mois.

On fait cinq charges en quinze jours : la consommation pour ces cinq charges est de six à dix tonneaux de calamine (environ 6000 à 10,000 kilogrammes), et de vingt-deux à vingt-quatre tonneaux de charbon (environ 22,000 à 24,000 kilogrammes). Le produit en zinc est de deux tonneaux environ.

On peut donc calculer à-peu-près de la manière suivante le coût du tonneau de zinc à Bristol.

3 tonneaux calamine, à $6^{l.}$	$18^{l.}$		450f.
24 tonneaux charbon, à $5^{sh.}$	$6^{l.}$		150f.
Un chef ouvrier, à $6^{sh.}$ pendant 7 jours	$2^{l.}$	$2^{sh.}$	52f. 50c.
Deux manœuvres, à $4^{sh.}$	$2^{l.}$	$16^{sh.}$	70f. 50c.
Frais divers	$1^{l.}$		25f.
Coût du tonneau de zinc à Bristol.	$29^{l.}$	$15^{sh.}$	747f. 50c.

La calamine d'Alston-Moor employée à Sheffield est moins riche ; elle produit au plus 25 pour 100 de zinc. Le charbon coûte $5^{s.}$ $8^{p.}$ par tonneau, et la calamine rendue sur place revient à $5^{l.}$: d'après cela, le zinc reviendrait à $32^{l.}$ $14^{s.}$, ou 817 francs 50 centimes le tonneau.

Ces prix sont ceux que coûte le zinc au fabricant ; il est vendu aux consommateurs 40 à $44^{l.}$ (de 1000 à 1100 francs).

Le zinc étranger vaut en entrepôt, à Londres, 20 à $24^{l.}$ (500 à 600 fr.). Cette énorme différence vient en partie du prix élevé de la calamine : on a lieu, d'après cela, de s'étonner que cette matière soit frappée d'un droit de 20 pour 100 de sa valeur à l'entrée.

Emploi de la blende.

En Angleterre, on fabrique aussi du zinc avec la blende. Ce minerai, lavé et cassé en morceaux de la grosseur d'une noisette, se vend à Holywell, sur la mine, $3^{l.}$ le tonneau, ou environ 75 fr. les 2030 livres, moitié prix de la calamine.

Elle est grillée, sans autre préparation, dans des fours à réverbère. Ces fours ont environ 8 pieds de largeur sur 10 de longueur; la distance de la voûte à la sole est de 30 pouces, la hauteur de l'autel de 18 pouces.

La couche de blende a environ 4 à 5 pouces d'épaisseur : on l'agite presque continuellement.

La consommation de houille est de 4 tonneaux pour un de blende grillée. Le déchet est de 20 pour 100. L'opération dure 10 à 12 heures.

Le mélange pour la réduction de l'oxide se compose d'un quart de blende grillée, d'un quart de calamine calcinée, et d'une demie de charbon. Il donne communément 30 pour 100 de zinc.

Explication des figures de la planche XI.

Fig 1. Coupe verticale du fourneau, passant par son axe. Ce fourneau est circulaire; il est enveloppé par un cône, qui lui sert de cheminée; des trous *dd* pratiqués à la partie supérieure de la voûte, qui est en forme de dôme, permettent à la fumée de se rendre dans la cheminée : c'est par ces trous qu'on remplit les creusets; ils restent constamment ouverts, et ne sont jamais fermés tous à-la-fois. L'ouvrier peut, par leur moyen, diriger le feu dans une partie quelconque du fourneau.

La cheminée conique, qui enveloppe tout le four, est percée de portes correspondant aux creusets.

a, *a*, Petits murs que l'on détruit à volonté pour faire entrer ou sortir les pots; ils sont composés de briques, percées d'un trou, qui permet, en y introduisant une tige de fer, de les enlever commodément étant encore chaudes.

b, Porte du four, qui se ferme avec une brique.

c, Cendrier dans lequel l'ouvrier peut entrer pour nettoyer les grilles.

e, *e*, *e*, Conduits dans l'étage inférieur, correspondant aux creusets dans l'étage supérieur.

g, *g*, Bassins de réception en tôle, dans lesquels se rend le zinc.

h, Tube cylindrique en tôle, qui s'adapte au condenseur, et conduit le zinc dans le bassin de réception.

i, Condenseur : c'est un tuyau de tôle légèrement conique, portant à sa partie supérieure un petit rebord, par lequel il s'applique sur le creuset. Pour l'y fixer, on étend sur ce rebord un boudin d'argile et on le presse fortement contre le creuset, et afin de le maintenir dans cette position, on a deux tringles en fer *kk*, qui sont fixées dans la partie inférieure du condenseur par un bouton, et qui passent dans une petite pièce en fer *m* scellée dans le mur; on presse les tringles avec une vis de pression *n*. La *fig*. 3, dans laquelle on a représenté la coupe verticale du creuset, montre en détail la disposition de cet appareil, qui sert à serrer le condenseur contre le fond du creuset.

1,2, Niveau de l'étage supérieur.

3,4, Niveau du plafond inférieur.

5,6, Niveau de l'étage inférieur.

Fig. 2. Plan au niveau de 1,2 : on n'a représenté que la moitié du plan.

Fig. 3. Coupe verticale d'un creuset, et de l'appareil qui sert à serrer le condenseur contre le creuset.

Fig. 4. Pinces à roües pour le transport des creusets chauds.

Fig. 5. Plan au niveau de 3,4.

FABRICATION

DE

LA FONTE ET DU FER EN ANGLETERRE,

PRÉCÉDÉE

D'UN APERÇU SUR LES DIFFÉRENS DÉPOTS HOUILLERS DE CE PAYS.

VERS la fin du siècle dernier, la fabrication du fer a éprouvé en Angleterre une révolution très-importante par la substitution de la houille (1) au charbon de bois, seul combustible employé précédemment dans cette opération. Cette substitution a eu l'avantage non-seulement de diminuer beaucoup les frais de fabrication, mais encore de fournir au commerce une fonte douce et propre à beaucoup d'usages nouveaux à cette époque. Elle a en même temps donné à ce genre d'industrie un développement immense, qui lui a fait faire de nouveaux progrès, parmi lesquels on doit compter au premier rang l'établissement des machines ingénieuses au moyen desquelles on fa-

(1) D'après les renseignemens que nous avons recueillis en Angleterre, il existait encore, en 1824, dans le Lancashire trois hauts-fourneaux qui marchaient au charbon de bois.

çonne le fer en barres, de toutes formes avec autant d'économie que de célérité.

La grande abondance de la houille et sur-tout sa réunion avec le minerai de fer des houillères, appelé en anglais *iron-stone* (*fer carbonaté terreux* ou *lithoïde*), ont, jusqu'à ce jour, procuré à l'Angleterre une supériorité marquée, dans ce genre de fabrication, sur toutes les autres contrées de l'Europe; mais il est permis d'espérer que la France ne restera pas toujours étrangère à cette nouvelle source de prospérité. Il y a déjà quarante ans qu'on a établi pour la première fois, près de la mine de houille du Creusot (département de Saône-et-Loire), des hauts-fourneaux, dans lesquels, depuis lors, on fond, au moyen du coke, des minerais de fer, soit d'alluvion, soit extraits du terrain de calcaire oolithique. Depuis long-temps, des hommes chargés par état de veiller au perfectionnement de l'industrie minérale de la France ont pressenti les avantages qu'elle pourrait retirer de l'introduction complète ou partielle des procédés anglais. En 1802, M. de Bonnard, maintenant inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines et secrétaire du Conseil général, fit un voyage en Angleterre dans le but principal d'y étudier les nouveaux procédés de la fabrication du fer. Un mémoire, qu'il inséra dans le tome 17, p. 245 du *Journal des Mines,* fit le

premier connaître à la France cette industrie presque nouvelle. Depuis la paix, les ingénieurs et les maîtres de forges français ont essayé de naturaliser cette industrie en France ; et c'est à la persévérance de feu M. de Gallois, l'un des membres les plus distingués du Corps royal des Mines, que nous devons le premier établissement dans lequel on ait essayé de reproduire complétement la méthode anglaise pour la fabrication du fer.

Division de ce mémoire.

Ayant été à portée, dans le voyage que nous avons fait dans le pays de Galles et dans le Staffordshire, d'étudier le travail du fer avec quelque détail, nous nous faisons un devoir de publier les données que nous avons recueillies, dans l'espérance que, tout incomplètes qu'elles sont, elles pourront être de quelque utilité aux maîtres de forges français. Désirant avant tout donner une idée exacte de la disposition du minerai de fer des houillères, presque le seul employé dans les nombreuses usines de la Grande-Bretagne (1), nous ferons précéder la description

---

(1) On emploie comme auxiliaire, dans quelques usines, du fer hématite rouge du Lancashire ; mais il paraît que nulle part dans la Grande-Bretagne on ne traite en ce moment les minerais que présentent la formation oolithique, celle du grès ferrugineux et du grès vert et les dépôts d'alluvion.

du travail du fer par quelques aperçus sur les différens bassins houillers que possède l'Angleterre, et par une description succincte de ceux qui, présentant une grande abondance de minerais, alimentent un grand nombre d'usines.

Nous diviserons notre travail en deux parties.

Dans la première, nous donnerons un aperçu sur les différens bassins houillers de l'Angleterre.

La seconde sera consacrée à la fabrication de la fonte et du fer dans ce pays.

PREMIÈRE PARTIE.

Aperçu sur les différens bassins houillers de l'Angleterre.

§ 1er. Les différens terrains formant en Angleterre des bandes assez suivies qui courent du nord-est au sud-ouest, et dont les couches plongent au sud-est, et les environs de Londres étant composés de dépôts tertiaires et de dépôts secondaires très-récens, on conçoit que les différens dépôts houillers existent à l'ouest et au nord de cette ville.

Division en 3 groupes.

Pour qu'on puisse saisir plus facilement la disposition générale de ces différens districts, nous les diviserons en trois groupes, comme le font

MM. Phillips et Conybeare, dans leur excellent ouvrage sur la géologie de l'Angleterre (1).

§ 2. Le premier groupe, qu'on peut appeler celui du nord de l'Angleterre, comprend tous les dépôts houillers au nord des rivières du Trent et de la Mersey, et s'étend jusqu'aux frontières de l'Écosse. 1er. groupe.

Ces dépôts sont disposés sur les flancs est, sud et ouest d'une chaîne de montagnes de transition, désignée sous le nom de *chaîne penine* par M. Conybeare, et qui s'étend du nord au sud depuis les frontières de l'Écosse jusqu'au centre du Derbyshire.

Le terrain houiller ne forme pas autour de cette chaîne une ligne continue, mais une série de bassins détachés, dont plusieurs ont une étendue assez considérable. On peut en distinguer sept, qui sont :

1°. Le grand dépôt houiller des comtés de Northumberland et de Durham, connu sous le nom de dépôt houiller de Newcastle.

2°. Quelques petits bassins houillers, dans le nord du Yorckshire;

3°. Le grand dépôt houiller du sud du Yorck-

(1) L'un de nous, M. Dufrénoy, a fait depuis plusieurs années une traduction de cet ouvrage, que des circonstances n'ont pas encore permis d'imprimer.

shire et des comtés de Nottingham et de Derby;

4°. Le bassin du nord du Staffordshire;

5°. Le grand bassin de Manchester, ou du sud du Lancashire;

6°. Le bassin du nord de Lancashire;

7°. Le bassin de White-Heaven.

Il existe en outre quelques indices de houille auprès d'Ashborne et au pied du Cross-Fell, dont nous ne ferons pas mention.

2°. groupe. § 3. Nous désignerons le second groupe sous le nom de groupe houiller central. Il comprend trois bassins:

1°. Celui qui existe sur les confins du Leicestershire et du Staffordshire;

2°. Celui du Warwickshire;

3°. Celui du sud du Staffordshire ou de Dudley, à 2 lieues ouest de Birmingham.

3°. groupe. § 4. Le troisième groupe comprend les différens bassins houillers qui sont disposés autour des terrains de transition du pays de Galles. Ils se divisent en trois groupes différens:

1°. Celui du nord-ouest, renfermant les bassins de l'île d'Anglesey et du Flintshire;

2°. Ceux à l'ouest ou du Shropshire, comprenant le bassin houiller de la plaine de Shrewsbury, et ceux de Coal-Brook-Dale, de Clee-Hills et de Billingsley;

3°. Enfin ceux au sud-ouest, comprenant les trois bassins houillers importans du sud du pays de Galles, du Montmouthshire et celui du sud du Glocestershire et du Sommersetshire.

Outre ces nombreux dépôts houillers situés dans l'intérieur même de l'Angleterre, l'Écosse en renferme un très-considérable; il en existe aussi de fort importans en Irlande. L'exploitation de ces derniers ne paraît pas avoir encore pris une aussi grande activité.

Quelques-uns de ces bassins seulement contiennent du minerai de fer.

§ 5. Tous ces bassins houillers, riches en houille, ne le sont pas, à beaucoup près, autant en fer carbonaté lithoïde, et l'abondance de ce minerai n'est en rélation ni avec la puissance des couches houillères ni avec l'étendue du bassin dans lequel il existe. Nous appuyons sur cette circonstance, parce qu'en France, où l'industrie du fer prend de jour en jour plus d'extension, nous voyons souvent des spéculateurs fonder l'espérance d'établissemens importans sur quelques indices de minerai de fer que présentent les bassins houillers, persuadés qu'il doit toujours s'y trouver en abondance. Mais ce minerai est, comme la houille elle-même, un membre du terrain houiller qui peut manquer dans certains cas.

Parmi tous les bassins houillers que nous venons de citer, il en est deux qui fournissent, à eux seuls, plus des trois quarts de la fonte que fabri-

que l'Angleterre : ce sont ceux de Dudley et du sud du pays de Galles; plusieurs autres alimentent quelques hauts-fourneaux, et la plupart ne paraissent pas donner une quantité de minerais suffisante pour que l'on puisse y établir les usines de ce genre, ainsi qu'on peut le conclure du tableau des usines à fer, § 11.

Bassin houiller de Newcastle.

§ 6. Le bassin de Newcastle, l'un des plus considérables des bassins houillers de l'Angleterre par son étendue, et surtout par la prodigieuse quantité de houille qu'il renferme, ne fournit que très-peu de fer carbonaté lithoïde, qui même n'est guère qu'un grès houiller, fortement imprégné de fer carbonaté, comme cela a lieu dans le bassin houiller de Saint-Étienne, avec lequel celui de Newcastle présente, sous beaucoup de rapports, la plus grande analogie; il paraît qu'il n'existe dans ce dernier qu'une seule usine à fer, encore n'est-elle pas complétement alimentée par le minerai qu'il produit; on y emploie en même temps une certaine quantité de fer hématite rouge tiré des montagnes de transition.

La formation houillère de Newcastle recouvre une grande partie des comtés de Durham et de Northumberland. Elle commence près de la rivière de Coquet, au nord, et s'étend jusqu'à la Tees, au sud. Sa longueur est d'environ 58 milles, et sa plus grande largeur environ de 24. La plu-

part des nombreuses mines de ce district sont ouvertes sur l'une et sur l'autre rive de la Tyne, à peu de distance de cette rivière. Il en existe plusieurs dans le nord de ce bassin, et quelques-unes à 5 milles au sud de la Tyne, à moitié chemin de Newcastle à Durham. On évalue la surface des champs d'exploitation, ou des parties dans lesquelles on a entrepris des travaux, à environ 180 milles carrés.

Ce bassin renferme quarante couches de houille; un grand nombre d'entre elles ont une si petite épaisseur qu'on ne peut les exploiter. Il y en a deux principales, désignées sous les noms de *High-main-coal* et *Low-main-coal.* L'épaisseur de la première est de 6 pieds; celle de la seconde, de 6 pieds 6 pouces. La couche dite *High-main-coal* est environ à 110^{m},88 (60 fathoms) au-dessus de la seconde. Entre ces deux couches, il en existe 8 plus minces. Une d'elles a 4 pieds d'épaisseur, l'autre 3. Au-dessous du *Low-main-coal,* on a reconnu sept couches de houille; mais elles produisent du charbon de qualité inférieure.

Pour donner une idée de cette immense richesse souterraine, le docteur Thomson remarque que la puissance réunie des couches est de 44 pieds anglais, dont 14 pieds ne sont pas exploités, parce que les couches sont trop minces pour payer les frais : il reste donc un massif de

Nombre et puissance des couches.

houille de 30 pieds d'épaisseur, qui, en lui supposant une étendue de 180 milles carrés, donne une quantité de houille évaluée à-peu-près à 5,575,680,000 yards cubiques (4,258,485,000 mètres cubes), 180 milles carrés correspondant à 557,568,000 yards carrés (environ 466 kilomètres carrés.)

Aperçu de sa richesse.

La quantité de houille exportée excède deux millions de tonnes : outre le charbon exporté dans les différentes parties de l'Angleterre et à l'étranger, on en consomme une grande quantité dans les deux comtés, et on en détruit beaucoup. Depuis trente ans environ, on a la coutume de séparer, au moyen d'une claie, le gros charbon du menu. Ce dernier n'ayant presque aucune valeur, et payant au propriétaire de la surface, lorsqu'on le vend, la même redevance que le gros charbon, est brûlé près de l'orifice des puits. On peut estimer au moins à 280,000 tonnes la quantité qui est ainsi détruite annuellement sur les bords de la Tyne et de la Wear. Les cendres produites par cette combustion sont employées pour l'amendement des terres. On peut sans exagération évaluer à 3,700,000 tonnes, ou à-peu-près à 3,700,000 yards cubiques (2,800,000 mètres cubes), la quantité de houille dont les travaux d'exploitation appauvrissent chaque année les mines de Newcastle.

D'après les bases précédentes, le docteur Thomson calcule que les houillères de Newcastle supposées intactes ne seraient épuisées par la continuation des travaux actuels, poussés avec la même activité qu'aujourd'hui, que dans l'espace de 1,500 ans. Il faut observer que dans ce calcul on ne tient pas compte de ce que toutes les couches de houille ne se prolongent pas dans toute l'étendue du bassin houiller, sans interruption ni rétrécissement, et de ce que, dès à présent, beaucoup de houille a été exploitée ou rendue inexploitable. Si on pouvait tenir compte rigoureusement de ces deux élémens, on serait peut-être conduit à réduire d'un tiers ou de la moitié l'évaluation de la durée probable de l'exploitation.

Les couches de houille sont accompagnées d'argile schisteuse et de grès, qui alternent ensemble. Les couches de schiste sont ordinairement plus minces que celles de grès. Elles forment indifféremment le mur et le toit des couches de houille; mais cependant le schiste est le plus souvent en contact avec le combustible. Parmi les couches de grès, il en est une dont la puissance est de 66 pieds, qui se montre dans la colline appelée *Gates-head-fell*, au sud de Newcastle, et qui fournit des meules à aiguiser d'une excellente qualité. Toute la Grande-Bretagne et même une grande partie du Continent les tirent de cet endroit.

Ce bassin houiller présente de nombreuses *failles*, qui produisent souvent dans les couches du terrain des dérangemens considérables. L'une de ces *failles*, connue sous le nom de *ninety-fathoms-dyke*, traverse le dépôt houiller de l'est à l'ouest en produisant un abaissement dans les couches du côté du nord de 90 fathoms (166 mètres). Ces failles sont remplies, soit de matière argileuse, soit de roches porphyriques, qui sont mélangées d'une substance d'un vert sombre ayant beaucoup d'analogie avec l'amphibole et le pyroxène. On désigne ces failles en anglais par le mot *dyke*, qu'en France on croit assez généralement ne s'appliquer qu'aux filons de roches étrangères, tandis qu'il correspond exactement à notre mot *faille*, et qu'on l'a seulement appliqué par extension aux masses mêmes de ces filons de porphyre, qu'on appelle en anglais *basaltic dykes*.

N'ayant pas l'intention de donner la description géologique des mines de houille, et croyant cependant utile d'indiquer les phénomènes principaux que présentent ces dykes, nous présenterons quelques détails à leur égard dans la note ci-jointe (1).

---

(1) Le *dyke* porphyrique le plus considérable des envi-

Nous aurions quelques détails à donner sur l'exploitation des mines de Newcastle, sur la disposition des chemins de fer, ainsi que sur les moyens employés pour transporter la houille, tant au jour que dans l'intérieur des travaux; mais nous craindrions d'allonger beaucoup trop cet article, en nous jetant dans cette espèce de digression; d'ailleurs, on trouvera beaucoup de renseignemens sur ces objets dans un mémoire

---

rons de Newcastle est celui que l'on observe à Coley-Hill, environ à 4 milles ouest de la ville. On y a ouvert des carrières pour en extraire des pavés; l'une d'elles nous a permis de l'étudier jusqu'à 50 pieds de profondeur et de reconnaître sa largeur, qui est de 24 pieds. Dans cette partie découverte, le dyke est sensiblement vertical. Il est rempli d'une roche d'un vert foncé, à cassure grenue, qui contient du calcaire spathique et des lamelles d'une autre substance assez analogue à du feldspath. Entre la masse qui remplit le dyke et ses parois, il existe des veines minces d'une argile charbonneuse endurcie, qui se divise en petits prismes perpendiculaires à la surface de la masse qui remplit le dyke.

Ce dyke coupe la couche de houille supérieure à 35 pieds au-dessous de la surface. La houille en contact avec la masse du dyke présente le même aspect que si elle avait été carbonisée; elle forme une masse poreuse, d'un gris d'acier, qui se divise en petites parties colonnaires analogues à celle que présente le coke que l'on obtient en distillant la houille dans des vases clos. Cette altération

de M. de Gallois, inséré dans les *Annales des Mines*, tome III, p. 129.

Bassin houiller de Dudley.

§ 7. Le bassin houiller de *Dudley* ou du sud du Staffordshire s'étend sur une longueur de 20 milles (32 kilomètres), depuis les environs de Stourbridge, au sud-ouest, jusqu'à Beverton près

---

de la houille est un des principaux argumens invoqués par les personnes qui regardent ces dykes comme le produit d'une action souterraine, et on doit avouer que les faits, ainsi que la position des dykes, paraissent favoriser cette supposition. Cependant il reste une objection assez forte, c'est que les roches environnantes, telles que les schistes et les grès, ne présentent pas des altérations en rapport avec celles de la houille.

Le *dyke* de Trockloy, situé à 5 milles de Newcastle, nous montre les mêmes phénomènes que celui de Coley-Hill; la masse du dyke offre en outre cette circonstance remarquable qu'elle est divisée en trois parties. Les deux masses, en contact avec les parois, sont de trapp, tandis que le milieu est composé de débris du terrain houiller, c'est-à-dire de fragmens de grès et de schiste mélangés de fragmens et de boules de trapp analogue à celui qui forme le dyke. Les deux parties trappéennes ont chacune 6 pieds; celle du milieu peut en avoir 12.

La houille en contact a subi la même altération que dans le dyke précédent; nous avons pu nous assurer que cette altération était due à l'action du trapp, parce qu'une coupure faite dans le terrain nous a permis de voir qu'à mesure qu'on s'écartait du dyke, la houille était moins altérée. A 10 pieds, elle était dans son état naturel.

Badgeley, au nord-est. Sa plus grande largeur, près Dudley, est de 4 milles, et sa surface peut être évaluée à 60 milles carrés (155 kilomètres carrés). On peut le diviser en deux parties; celle au nord, depuis Cannock-Chase jusqu'à Darlaston et Bilston, renferme plusieurs couches de houille, de 4, 6 et même 8 pieds d'épaisseur. La partie sud, s'étendant des lieux que nous venons de nommer jusqu'à Stourbridge, a 7 à 8 milles de long et 4 en largeur. C'est dans cet espace si limité qu'existe le plus grand nombre des exploitations de houille; c'est également lui qui fournit principalement la prodigieuse quantité de minerai de fer qui alimente tous les hauts-fourneaux des environs, qui étaient au nombre de plus de soixante-douze, à l'époque où nous visitâmes cette contrée. Ce nombre s'est encore accru.

Ses limites

Ce district houiller est traversé du nord-ouest au sud-est par une ligne de collines qui présente une dépression, dans laquelle est bâtie la ville de Dudley. Les collines au nord de la ville sont d'une composition différente de celles au sud, quoique ayant la même direction. La partie au nord est composée de trois collines oblongues isolées, formées de calcaire, contenant des trilobites, des ortocératites, et beaucoup d'autres fossiles. Ce calcaire, appelé *de transition* par les géologues anglais, nous paraît devoir être re-

Aperçu géologique des environs de Dudley.

gardé comme la partie moyenne des terrains qu'on nomme sur le continent terrains de transition, le *calcaire de montagne*, appelé aussi *calcaire carbonifère*, et le vieux grès rouge, étant pour nous l'étage supérieur des terrains de transition.

Disposition des couches houillères.

Les couches du terrain houiller s'appuient sur les flancs de ces collines, et présentent d'abord une inclinaison considérable, qui diminue à mesure qu'on s'éloigne du terrain de transition. L'autre partie de la chaîne, au sud de Dudley, est composée de roches de trapp, dont les relations avec le terrain houiller n'ont pas encore été déterminées d'une manière satisfaisante. Les couches du terrain houiller conservent leur niveau en s'approchant de cette partie de la chaîne, sans se relever vers elle comme autour des collines calcaires.

A l'ouest, près de Wolverhampton, et au sud de Stourbridge, les couches du terrain houiller paraissent plonger sous celles du *grès bigarré* (*new-red-sandstone* des Anglais). A la limite est de ce bassin près de Walsall, le même calcaire que celui de Dudley sort de dessous le terrain houiller, ce dernier s'appuyant sur ses flancs.

Des couches de houille.

Il existe onze couches de houille dans ce bassin : cinq au-dessus et cinq au-dessous de la couche de houille principale, la seule exploitée aux environs de Dudley. Cette dernière a 9 mètres de puissance (10 yards); elle est appelée *main-coal* ou

ten-yards-coal. Aucune des couches supérieures n'est susceptible d'être exploitée; les couches inférieures ont une épaisseur considérable, et elles approvisionnent le pays situé au nord de Bilston et vers Cannock-Chase. La couche de houille principale, *main-coal*, est composée de treize petits lits, dont quelques-uns sont contigus et ne se distinguent que par leur qualité, et dont les autres sont séparés par des couches minces d'argile schisteuse, appelées *partings*. Ces différens lits de houille ne sont pas tous d'une qualité également bonne. Il existe environ 5 mètres en tout qui fournissent le charbon de première qualité, réservé aux usages domestiques; la houille produite par l'autre partie de la couche est consommée dans les usines à fer. La houille est de la variété désignée sous le nom de houille *schisteuse*. Elle ne colle pas; elle brûle plus rapidement que celle de Newcastle, et laisse des cendres blanches après la combustion.

Qualité de houille.

Outre la variété schisteuse, on trouve aussi de la houille compacte, que les Anglais désignent sous le nom de *cannel-coal;* elle est exploitée dans le parc du marquis d'Anglesea, appelé *Beau-desert.* On sait que la cassure de ce charbon est conchoïde; qu'il ne tache pas les doigts et qu'il n'est pas schisteux. Ce canton ne fournit qu'une petite quantité de cette variété; mais elle existe

en très-grande abondance aux environs de Wigan (Lancashire), où elle est exploitée par plusieurs mines. Elle y est, comme à Dudley, à Newcastle et aux environs de Glasgow, intercalée dans un véritable terrain houiller.

Les couches du bassin houiller de Dudley ont une grande régularité. Un canal ouvert, il y a quelques années, par lord Dudley pour le service de ses carrières de pierre à chaux, a fait connaître les couches inférieures du terrain houiller, depuis celles qui touchent le calcaire de transition, jusqu'à la couche dite *main-coal;* et comme les couches supérieures sont traversées par les nombreuses exploitations qui existent dans ce district, il s'ensuit que toutes les couches de ce terrain sont connues. Nous allons donner deux coupes de ce terrain, prises à deux extrémités, qui feront voir cette régularité et la disposition des couches de minerai de fer, relativement à la houille. Nous commencerons par les couches inférieures, pour que les deux coupes soient plus faciles à comparer.

Coupe du terrain houiller à Tividale.

Coupe à Tividale près Dudlley.

	yards.	p. ang.	p°. angl.
1. Argile schisteuse	30	»	»
2. Calcaire	10	»	»
3. Argile schisteuse	76	»	»

	yards.	p. angl.	p°. angl.
4. Houille, 1re. couche	0	2	»
5. Argile schisteuse	40	»	»
6. Houille, 2e. couche	5	»	»
7. Argile schisteuse	2	2	»
8. Houille, 3e. couche (bonne qualité.)	3	1	»
9. Grès grossier	2	»	»
10. Houille, 4e. couche (bonne qualité).	3	»	»
11 et 12. Argile schisteuse	11	»	»
13. Houille, 5e. couche appelée HEATHING-COAL	2	»	»
14. Argile schisteuse mélangée de *minerai de fer*	7	»	»
15. Houille, 6e. couche. C'est celle qui est exploitée. Elle est désignée par le nom de MAIN-COAL	10	1	6
16 et 17. Argile schisteuse et bitumineuse	»	3	4
18. Houille, 7e. couche appelée *chance-coal*	»	»	10
19, 20, 21 et 22. Argile schisteuse	5	7	5
23. Houille, 8e. couche. *Chance-coal.*	»	»	9
24. Argile schisteuse	»	»	10
25, 26, 27 et 28. Grès houiller	8	4	»
29. Argile schisteuse avec *minerai de fer*, couche exploitée	4	2	»
30. Grès	5	2	»
31. Argile schisteuse avec minerai de fer, couche très-peu riche	»	2	9
32. Argile schisteuse	8	2	»
33. Argile schisteuse avec *minerai de fer*, couche exploitée	2	1	»

	yards.	p. angl.	p°. angl.
34. Houille, 9e. couche..........	»	1	3
35. Argile schisteuse...........	2	1	»
36. Houille, 10e. couche appelée *broach-coal*....................	1	»	»
37. Argile schisteuse..........	»	1	»
38, 39, 40, 41. Grès.............	2	5	3
42 et 43. Argile schisteuse à pâte très-fine, appelée *fire-clay* : c'est elle qui fournit l'argile réfractaire employée pour la construction des briques des hauts-fourneaux............	5	1	»
44. Houille, 11e. couche.........	»	1	6
45, 46, 47. Argile schisteuse contenant quelques rognons de *fer carbonaté*...................	6	4	11
48. Grès..................	2	2	»
49. Argile mélangée de charbon......	»	»	3
50. Grès houiller..............	»	1	»
51, 52, 53. Argile schisteuse.......	10	5	2
54. Grès houiller..............	1	1	»
55, 56, 57, 58, 59. Argile schisteuse contenant quelques rognons de fer carbonaté dans sa partie supérieure.	18	7	1
60. Grès..................	1	2	»
61, 62, 63. Argile schisteuse........	3	3	»
64. Argile rouge employée pour la fabrication des briques.........	1	2	6
65. Terre végétale...........	»	1	»
Epaisseur totale.	313	1	3

correspondant à 287 mètres.

D'après cette coupe, empruntée à un mémoire de M. le docteur Thomson, publié dans le 8e. volume des *Annales de philosophie*, on voit que le nombre des couches qui composent ce bassin houiller est de soixante-cinq, dont la puissance totale est de 287 mètres (313 yards); qu'il y a onze couches de houille, et que le carbonate de fer se trouve dans plusieurs couches, mais que dans deux seulement il y est en quantité considérable. Il y est disséminé en rognons très-allongés, et quelquefois en plaques au milieu de l'argile schisteuse. Souvent ces rognons forment continuité comme une espèce de couche. La couche no. 14 de schiste argileux présente plusieurs bandes de ce minerai.

Coupe du terrain houiller à Bradley.

Coupe des couches observées dans la mine de Bradley, près Bilston.

	yards.	p. angl.	po. angl.
1. Houille. La 5e. couche de la coupe précédente, désignée sous le nom de *heathing-coal*.	2	»	»
2 et 3. Argile schisteuse et schiste argileux.	3	3	»
4. Houille	»	»	6
5. Argile schisteuse.	»	1	»
6. Minerai de *fer carbonaté* mêlé d'argile.	1	»	»
7, 8, et 9. Différentes variétés d'argile schisteuse	»	4	»
10. Houille. Couche principale, désignée sous le nom de *main-coal*.	8	1	3
11. Argile schisteuse.	»	2	6

	yards.	p. angl.	p^e. angl.
12. Minerai de *fer carbonaté*	»	»	8
13 et 14. Argile schisteuse.	2	3	»
15. Houille.	1	2	»
16, 17, 18. Argile schisteuse.	7	2	»
19. Grès.	»	1	»
20. Argile schisteuse	»	1	6
21 et 22. Grès.	1	2	»
23. Argile schisteuse.	6	»	»
24. Grès.	1	»	»
25. Argile schisteuse.	8	»	»
26. Grès rougeâtre.	10	»	»
27. Terre végétale.	»	2	»
Puissance totale. .	58	2	5

correspondante à 54 mètres.

L'examen de cette coupe montre que les couches se sont relevées de ce côté et que les couches supérieures ont disparu, puisque la couche principale de ce bassin, désignée sous le nom de *main-coal*, se trouve seulement à 45 yards de profondeur; tandis qu'on ne la rencontre qu'à 121 yards aux environs de Dudley.

Du minerai de fer. Le minerai de fer existe dans deux couches, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la couche de houille, dite *main-coal*.

§ 8. Ce minerai de fer, qui est le fer carbonaté des houillères, est mélangé d'une plus ou moins grande quantité d'argile, ou, pour mieux dire, il semblerait que ce serait plutôt de l'argile solidifiée par une filtration ferrugineuse. D'après

cette supposition, on conçoit en effet que l'argile soit plus ou moins chargée de fer, et qu'il y ait par conséquent plusieurs qualités de minerai de fer. On en distingue cinq; les deux plus estimées sont appelées *guddin* et *blue flatt*. La première est la plus riche; sa teneur est de 36 à 40 pour 100 (non grillée); elle forme des rognons moins allongés que la seconde. Sa couleur est foncée; elle présente au centre des fentes analogues à celles d'un *ludus*, qui sont tapissées de chaux carbonatée lamelleuse. Les différentes variétés sont classées par leur richesse, qui varie de 20 à 40 pour 100. Nous n'avons pas observé près de Dudley la variété de minerai assez commune à Saint-Etienne et aux environs de Sarrebruck, consistant en un grès à grains fins, imprégné de fer carbonaté, qui se décompose par couches concentriques. Le véritable minerai de fer des houillères, lorsqu'il est exposé à l'air pendant long-temps, présente bien une apparence de décomposition; mais ce sont seulement les masses qui l'enveloppaient qui se désagrègent et se détachent du minerai. On a même soin de faciliter ce triage naturel en exposant le minerai pendant plusieurs mois à l'action de l'air.

Variétés différentes du minerai de fer.

Le minerai contient en grande quantité les empreintes végétales propres au terrain houiller; on y trouve aussi assez fréquemment des moules

Empreintes et coquilles dans le minerai de fer.

de coquilles, très-imparfaits à la vérité, qui paraissent appartenir au genre *unio;* ce qui tendrait à faire penser que le dépôt des houilles s'est fait au milieu de lacs d'eau douce.

Présomptions de la compression des couches.

Les schistes qui accompagnent la houille présentent souvent dans ce bassin un accident assez singulier, qui paraît dû à une compression perpendiculaire aux couches; ils affectent la forme de petits cônes qui rentrent les uns dans les autres et qui sont sillonnés sur leurs surfaces par des lignes ondulées. Ces cônes, désignés sous le nom de *cone-in-cone-coral*, s'observent dans plusieurs mines, quelquefois même la houille les présente. Ce qui nous a fait naître l'idée d'une compression verticale, c'est que nous avons vu des échantillons de cette nature venant de Richmond en Virginie (États-Unis), qui étaient accompagnés de tiges d'une plante (désignée par M. Adolphe Brongniart sous le nom de *stylodendron loshii*) dont les différens anneaux étaient rentrés les uns dans les autres, et présentaient en outre, au milieu de leur longueur, un renflement analogue à celui qui aurait lieu si on comprimait les deux extrémités.

Nature de l'exploitation.

L'exploitation de la houille et celle du minerai de fer s'exécutent à Dudley par des puits différens. Ils ont ordinairement les uns et les autres 6 pieds de diamètre. Ils sont muraillés en bri-

ques ; souvent les assises de maçonnerie reposent sur des cercles en bois, et plus généralement sur des cercles en fer. Ces derniers sont composés de fer, en barres carrées, d'environ 2 pouces, et dont chaque portion a 3 pieds; ils sont assemblés les uns aux autres à mi-fer et boulonnés convenablement. On en remarque de 4 pieds en 4 pieds anglais.

La largeur des galeries est variable et en raison inverse de l'épaisseur de la couche que l'on exploite. Le boisage est très-simple; il consiste souvent en un poteau placé dans l'axe de la galerie, qui supporte une semelle. Ces poteaux sont loin d'être prodigués, le bois étant extrêmement cher dans ce pays et venant presque toujours de l'étranger. La houille s'exploite par gradins renversés; quant au minerai de fer, on fait une entaille à la partie inférieure de la galerie, et on détache les blocs avec des coins que l'on enfonce successivement à la partie supérieure de chaque lit.

La valeur de la houille variant beaucoup avec sa grosseur, pour ne pas la briser par des transvasemens successifs, elle est chargée, dans les ateliers, dans les mêmes bennes ou paniers qui doivent être élevés au jour. On décroche au haut du puits les bennes pleines et on les remplace par des bennes vides. Pour que cette opération

s'exécute avec plus de facilité, le puits est recouvert d'un pont roulant, qui joint à son utilité immédiate l'avantage d'empêcher les accidens qui arrivent quelquefois à l'embouchure des puits. Il serait à désirer que cette disposition simple fût adoptée en France.

Ce minerai, monté au jour, est arrangé en tas, appelés *blooms*, qui ont 4 pieds de long sur 3 de large et 22 pouces de hauteur. Ces tas sont considérés comme pesant 35 quintaux, de chacun 120 livres, avoir du poids (en tout 1778 kilog.). Mille ou douze cents de ces tas sont ordinairement le produit d'une acre de bonne mine.

Les puits d'extraction sont disséminés près des usines; leur nombre est considérable. Ils sont desservis par des machines à vapeur, dont le nombre s'élève, dans ce bassin circonscrit, à plus de deux mille. Leur force totale surpasse la puissance de trente mille chevaux. Les chemins de fer, qui se croisent dans tous les sens, font communiquer les mines et les usines; tandis que des canaux, qui arrivent jusqu'aux usines et se réunissent au grand canal du Staffordshire, donnent la facilité d'écouler les produits sur tous les points de l'Angleterre.

Nous ferons remarquer, en terminant cet aperçu sur le bassin houiller de Dudley, combien ce canton est favorisé par la nature. On y a trouvé

réunis la houille, le minerai de fer, la pierre à chaux, nécessaire comme fondant, et même une argile réfractaire propre à la construction des briques de l'intérieur des fourneaux. Cette argile, exploitée à *Stourbridge*, est exportée dans une grande partie de l'Angleterre. C'est avec elle que l'on fabrique les creusets pour la fonte de l'acier à Sheffield et à Newcastle-upon-Tyne.

Bassin houiller du sud du pays de Galles.

§ 9. Le terrain houiller du sud du pays de Galles forme un bassin indépendant; il s'étend de Pontypool, à l'est, jusqu'à la baie dite St.-Bride's-Bay, à l'ouest. Le calcaire carbonifère, le plus récent des terrains de transition, analogue au calcaire bleu de la Belgique, sort de dessous la houille et l'environne de tous les côtés, excepté dans les points où la continuité est interrompue par les baies de Swansea et de Caermarthen. Aux environs de Neath, les couches de houille les plus inférieures sont presque à 1280 mètr. (700 fath.) plus bas que les affleuremens les plus élevés des couches de houille les plus basses de ce district. La couche de houille qui est la plus près de la surface à Neath est à 110 mèt. (60 fath.) de profondeur; elle vient se montrer au jour à un mille environ de ce point. Les couches se relèvent ainsi d'une manière très-régulière vers les extrémités du bassin, et si l'on mène un plan vertical de Pontypool à St.-Bride's-Bay, on peut dire que toutes les

couches qui sont au nord de ce plan présentent leur affleurement de ce côté et à des distances proportionnelles à leur profondeur sous cette espèce d'axe. Il en est de même pour les couches qui sont du côté du sud.

Quoique j'aie indiqué que la couche de houille la plus basse soit à 1280 mètr. (700 fath.) au-dessous de la plus grande élévation de ce district, cependant les nombreuses vallées qui sillonnent le pays dans une direction nord et sud coupent les couches en travers et procurent la facilité d'exploiter les immenses richesses souterraines de ce bassin sans creuser profondément.

Nombre et puissance des couches de houille.

D'après la description que M. Martin a donnée de ce bassin, il renferme douze couches de houille, dont la puissance varie de 3 à 9 pieds, ayant ensemble une épaisseur de 70 pieds $\frac{1}{2}$; et onze couches dont la puissance varie de 18 pouces à 3 pieds et dont l'ensemble forme une épaisseur de 24 $\frac{1}{2}$ pieds. Ainsi il y a 95 pieds de houille exploitable, sans compter de nombreuses couches qui, ayant une épaisseur au-dessous de 18 pouces, ne peuvent pas être mises à profit. Si on suppose que les couches gardent une épaisseur constante, ce qui a été trouvé vrai jusqu'ici par de nombreuses exploitations, on conclura que ce bassin qui, suivant le mode d'exploitation qu'on y pratique, produit 100,000 tonnes par acre, en donne-

ra 64,000,000 tonnes par mille carré, et comme, d'après les dimensions des parties de ce bassin, dans lesquelles on a ouvert jusqu'à présent des champs d'exploitation, on peut évaluer leur surface à plus de 100 milles carrés (259 kilomètres carrés), on voit que sa richesse est immense.

Nature de la houille.

La houille qui existe dans la partie nord-est de ce bassin est bitumineuse ; dans la partie nord-ouest, elle est au contraire très-sèche et analogue à l'anthracite. Elle est appelée *stone-coal* (*charbon de pierre*). Ce charbon est peu propre au travail du fer. Lorsqu'il est en fragmens, il reçoit le nom de *culm;* dans cet état, il est employé pour la cuisson de la chaux. Il est aussi mélangé avec le minerai d'étain pour le désoxider, ainsi que nous l'avons indiqué en donnant la description de la fonte de ce métal, page 131. Au sud, depuis Pontypool jusqu'à la baie de Caermarthen, le charbon est très-bitumineux et un peu pyriteux.

Disposition du grès et des schistes houillers.

Les parties inférieures du terrain houiller, celles qui sont exploitées à Merthyr-Tydvil, centre des usines à fer du pays de Galles, se distinguent par la prédominance des argiles schisteuses. Dans les couches qui les surmontent, au contraire, le grès existe en plus grande abondance. Il est d'un grain assez gros, d'un tissu lâche, et contient une grande quantité de matière charbonneuse et d'impressions. Les caractères de ce grès

s'accordent très-bien avec ceux du grès de la partie moyenne du terrain houiller, appelé *pennant-grit* dans le Sommersetshire. Ces grès sont souvent schisteux, et se divisent quelquefois en feuillets assez minces pour être employés comme ardoises. Les membres inférieurs du terrain houiller sont séparés des supérieurs par une grande épaisseur de ce grès. C'est aussi le grès qui constitue presque toutes les sommités qui existent dans l'intérieur du bassin houiller.

Relation entre les gisemens de la houille et du minerai de fer.

§ 10. Les couches de houille sont plus nombreuses et plus puissantes dans la partie inférieure que dans la supérieure, le minerai de fer y est également plus abondant; il y forme seize couches, ou, pour mieux dire, il y existe dans seize couches de schiste argileux; quelquefois il est en plaques assez longues, contiguës les unes aux autres, de manière à donner l'idée de couches; le plus souvent, il est en rognons plus ou moins abondans. Ces rognons sont quelquefois tellement nombreux qu'on peut dire qu'il forme des couches. On trouve ce minerai au-dessus et au-dessous de la houille; nous avons eu l'occasion de l'observer de ces deux manières. Plusieurs des couches qui en sont le mieux pourvues sont situées au-dessous de la couche de houille la plus basse. On distingue huit variétés de minerai qui appartiennent à des couches différentes. On les

nomme *black balls*, *black pinns*, *six inch wide vein, six inch jack*, *blue vein*, *blue pinns*, *grey piuns*, *seven pinns*.

On compte en tout seize couches d'argile schisteuse contenant des lits de minerai de fer carbonaté. Celui qui forme la première qualité est analogue au minerai noir du Staffordshire, appelé *gubbin;* il est souvent fendillé à l'intérieur, comme les septaria, et les cavités sont tapissées de chaux carbonatée, et quelquefois de cristaux de quarz. Dans les couches supérieures, il existe des minerais qui présentent la décomposition en couches concentriques, et dans lesquels le centre est argileux. Ces variétés sont assez analogues à celles que nous avons désignées sous le nom de grès ferrifère, et qui nous paraissent devoir être essentiellement distinguées du véritable fer carbonaté des houillères en rognons. La richesse du dernier est beaucoup plus constante que celle du premier. Variétés de minerai de fer.

Il existe quelquefois des cristaux de titane oxidé au milieu de ces rognons de fer carbonaté: c'est à leur présence qu'est dû le titane métallique que l'on trouve souvent dans les cavités qui existent dans le creuset des hauts-fourneaux. Titane et coquilles dans le minerai de fer.

Comme à Dudley, on trouve dans le fer carbonaté du pays de Galles des moules de coquilles

Failles dans ce bassin. Les failles (dykes), qui courent généralement du nord au sud, élèvent ou rejettent les couches de 50 à 100 toises. Elles sont ordinairement remplies d'argile. M. Townsend en cite une énorme, dont la puissance est de plusieurs toises et qui est remplie de fragmens de roches environnantes brisées. Elle occasionne un changement de niveau de 240 pieds dans les différentes couches du terrain houiller.

DEUXIÈME PARTIE.

De la fabrication de la fonte et du fer en Angleterre.

§ 11. Nous avons dit que l'emploi de la houille dans la fusion des minerais avait apporté une grande économie dans la production de la fonte. L'affinage du fer au moyen de la houille est également beaucoup moins coûteux. La substitution de la houille au charbon de bois dans cette seconde opération n'a pas moins contribué que dans la première à donner un développement immense à la fabrication du fer en Angleterre ; ce procédé ferait abandonner presque partout le travail au charbon de bois, si le fer que produit ce dernier n'était supérieur en qualité : aussi, sommes-nous convaincus que le moment n'est peut-être pas très-éloigné où il s'établira

une différence notable dans les prix des fers obtenus par ces deux procédés.

La supériorité du fer obtenu par l'affinage au charbon de bois sur celui que produit l'affinage à la houille est tellement certaine, que les Anglais eux-mêmes n'emploient pour la fabrication de l'acier que du fer de Suède et de Russie obtenu avec du charbon de bois résineux ; ils emploient de même du fer obtenu avec du charbon de bois pour la fabrication du fer-blanc. A la vérité, dans les usines à fer d'Angleterre où l'on prépare la tôle pour la fabrication du fer-blanc, on se sert d'un procédé d'affinage mixte, qui consiste à affiner le fer au charbon de bois et à le laminer à la houille.

Avant de décrire les procédés suivis dans ces deux genres d'opérations, nous croyons devoir donner quelques détails historiques sur la marche graduelle des perfectionnemens qui se sont introduits depuis soixante ans dans ce genre d'industrie et qui l'ont amené au point où il est aujourd'hui.

Ces détails sont principalement extraits d'un article sur le fer, publié dans le *Supplément de l'Encyclopédie* d'Edimbourg, en 1821.

§ 12. En 1740, le traitement du fer avait lieu, en Angleterre, entièrement au charbon de bois. Les minerais qu'on employait étaient principalement des hématites brunes et rouges. On fondait aussi

des mines terreuses; mais il ne paraît pas qu'on connût alors les minerais de fer carbonaté des houillères, presque les seuls employés actuellement en Angleterre. A cette époque, il existait cinquante-neuf hauts-fourneaux, dont le produit annuel était de 17,350 tonnes de fonte. Ce qui donne, pour chaque fourneau, un produit de 294ton.,11 par an, et pour chaque semaine 5ton.,13.

En 1788, on avait déjà fait beaucoup d'essais pour fondre le minerai de fer avec la houille, et il n'existait plus que vingt-quatre hauts-fourneaux au charbon de bois, produisant ensemble 13,100 tonnes de fonte. Ce qui donne pour chaque haut-fourneau un produit par an de 546ton.,162, ou par semaine de 10ton.,93.

On remarque ici une augmentation considérable dans le produit de chaque fourneau, qui, de 5ton.,13 a été porté à 10ton.,93, c'est-à-dire à plus du double. Cette augmentation a été obtenue en partie par la substitution aux soufflets en bois des machines soufflantes à piston, auxquelles on a appliqué des machines à vapeur, comme moteurs.

Cinquante-trois hauts-fourneaux marchant à la houille étaient déjà en activité. Ils donnaient ensemble 48,800 tonnes de fer; ce qui porte le produit annuel de chaque fourneau à 907 tonnes, et celui par semaine à 17t.,45. La quan-

tité de fonte produite dans cette année, au moyen de la houille, était donc de.. . . 48,800 tonn.
Celle au charbon de bois, de . . 13,100

TOTAL... 61,900

En 1796, le travail au charbon de bois était à-peu-près complétement abandonné ; le recensement exécuté par les ordres de M. Pitt pour établir les impôts sur la fabrication du fer a donné les résultats suivans :

121 hauts-fourneaux, donnant ensemble par an.. . . . . 124,879 tonnes;

Ce qui fait, pour chaque fourneau, un produit de 1032 tonnes par an.

En 1802, il y avait 168 hauts-fourneaux, dont le produit était estimé à 170,000 tonnes.

En 1806, ce produit était de 250,000 tonnes; il y avait alors 227 hauts-fourneaux à la houille, dont 159 seulement en activité à-la-fois.

Ces hauts-fourneaux étaient répartis ainsi :

Dans la principauté de Galles.	52
Dans le Staffordshire..	42
Dans le Shropshire.	42
Dans le Derbyshire.	17
Dans l'Yorckshire.	28
Dans les comtés de Glocester, Monmouth, Leycester, Lancaster, Cumberland et Northumberland.	18
En Écosse	28
	227

En 1820, la fabrication avait pris l'accroissement considérable que présente le tableau suivant :

Le pays de Galles fabriquait....	150,000 ton.
Le Shropshire et le Staffordshire.	180,000
L'Yorckshire et le Derbyshire..	50,000
L'Écosse et autres lieux.......	20,000
TOTAL	400,000

Cette fabrication, quoique immense, s'est encore accrue dans les années suivantes. En 1823, lors de notre passage à Dudley, on construisait plusieurs nouveaux hauts-fourneaux, quoique déjà il en existât plus de soixante-douze dans une étendue qui n'avait pas plus de 2 lieues de rayon. Dans un travail très-important, que M. Héron de Villefosse vient de publier sous le nom de *Mémoire sur l'état actuel des usines à fer de la France*, nous trouvons qu'en 1826 il existait en Angleterre trois cent cinq hauts-fourneaux, savoir :

Dans la principauté de Galles.........	87
Dans le Staffordshire................	78
Dans le Shropshire, le Derbyshire, l'Yorckshire et plusieurs autres comtés..........	84
En Écosse....................	56
	305

Sur ce nombre, deux cent quatre-vingts sont

en activité à-la-fois, et en supposant que leur produit moyen soit de 50 tonnes par semaine, le produit total aurait été, en 1826, de 728,000 tonnes équivalant à 7,395,315 quintaux métriques. Cette évaluation paraît être un peu au-dessus de la vérité : d'après les renseignemens communiqués par M. Phillip Taylor à M. Achille Chaper, l'un de nos maîtres de forges les plus instruits, qui, dans l'été de 1826, a visité les deux tiers des hauts-fourneaux de la Grande-Bretagne, leur produit pendant cette année a été d'environ 600,000 tonnes.

§ 13. On voit par ces détails les accroissemens successifs que la fabrication de la fonte a éprouvés. Il en a été de même de l'affinage du fer. Cette opération, qui avait lieu anciennement au moyen du charbon de bois, s'exécutait dans des affineries analogues à celles dont on se sert communément en France. Ce combustible diminuant progressivement, on essaya de le mélanger avec du coke en proportion plus ou moins grande. Dans cette espèce de passage du travail du fer avec du charbon de bois au travail du fer avec la houille, le traitement consistait en trois opérations. Le métal obtenu de la première, qui était un raffinage, était porté sous un marteau pesant cinq ou six mille kilogrammes, et avec lequel on en faisait des espèces de plaques

Historique de l'affinage du fer à la houille.

Affinage au bois et à la houille mélangée.

appelées *stamp-iron;* ces plaques étaient brisées en plusieurs morceaux et triées suivant la qualité. Les morceaux qui présentaient encore l'aspect de la fonte appelée *raw* étaient soumis de nouveau à la première opération. Quant à ceux dont l'affinage était assez avancé, on en formait des piles de 50 à 60 livres, que l'on disposait sur une pierre de grès ou sur une plaque d'argile. On plaçait ces piles sur la sole d'un fourneau à réverbère alimenté par la flamme d'un feu de houille (1); quand la température était assez élevée pour que le fer pût se souder, on prenait une de ces masses de fer avec une tenaille, et on la portait sous le marteau dont nous venons de parler. On l'étirait en barres courtes et épaisses, analogues à ce que, dans les forges de France, nous appelons *pièces.* Ces barres, désignées par le mot de *bloom,* après avoir été chauffées de nouveau dans un *feu de chaufferie*, étaient forgées en barres, au moyen d'un marteau moins pesant que le premier, et qui frappait à coups plus réitérés.

(1) M. Chaper a encore vu l'été dernier cet ancien procédé en activité dans l'usine de Beaufort (pays de Galles), appartenant à M. Jones, mais on était prêt à l'abandonner. On se sert encore d'un procédé analogue pour affiner la vieille ferraille. Nous l'avons vu pratiquer à Sheffield.

Cette méthode mixte fut employée pendant plusieurs années, le fer qu'elle produisait était fort et généralement très-dur; elle procurait déjà un grand avantage, en diminuant la consommation de charbon de bois; mais elle en exigeait cependant encore une assez grande quantité; elle avait en outre l'inconvénient de demander beaucoup de temps : de sorte qu'un établissement qui pouvait livrer au commerce 20,000 tonnes de fer en barres par semaine était regardé comme considérable. L'Angleterre était alors loin de fabriquer assez de fer pour sa consommation. On en importait annuellement de Suède et de Russie l'énorme quantité de 70,000 tonnes (environ 70,000 milliers métriques).

M. Cort, auquel on doit la méthode actuellement en usage en Angleterre, parvint alors, après beaucoup d'essais infructueux, à convertir la fonte en fer, en l'exposant sur la sole d'un fourneau à réverbère à l'action de la flamme de la houille. Cette méthode, qui avait l'avantage de n'employer que ce seul combustible, simplifiait en outre beaucoup le traitement, parce qu'elle n'exigeait plus de machines soufflantes. Cet affinage au fourneau à réverbère seul était encore loin de produire le résultat désiré. Il était peu régulier : tantôt la perte en fer était très-petite, d'autres fois au contraire elle était considé-

turellement à faire deux divisions dans ce que nous avons à exposer sur le travail du fer.

Dans la première, intitulée *De la fabrication de la fonte par le coke*, nous décrirons les hauts-fourneaux employés en Angleterre, le grillage du minerai, la fabrication du coke et le travail des hauts-fourneaux.

Dans la seconde, qui aura pour objet l'*affinage de la fonte par les procédés anglais*, nous ferons connaître les différens fourneaux ainsi que les mécanismes employés dans ce travail, et les opérations auxquelles on soumet la fonte pour la transformer en fer malléable.

Enfin, nous ajouterons une troisième division, dans laquelle nous ferons une *comparaison entre la fabrication de la fonte et du fer au charbon de bois et celle à la houille.* Nous la terminerons par un aperçu des dépenses nécessaires pour la construction des usines de ce genre.

Fabrication de la fonte par le coke.

Variétés de fonte obtenues au coke.

§ 14. La fonte que produisent les hauts-fourneaux anglais est en général noire et très-douce; on en distingue cependant plusieurs qualités, ordinairement trois, savoir :

N°. 1. *Fonte très-noire,* à gros grains arrondis, qu'on obtient ordinairement dans le commence-

ment du fondage quand on met encore un excès de charbon; en coulant, elle paraît pâteuse et jette des étincelles bleues. Elle présente une surface où semblent se développer avec une grande rapidité des végétations en rameaux très-fins; elle se fige très-lentement ; sa surface, refroidie, est unie, concave, et souvent chargée de graphite; elle est peu tenace, très-tendre, et ne peut recevoir qu'un poli terne. Elle n'est pas employée avec succès en première fusion; mais, étant refondue, elle passe au n°. 2.

N°. 2. *Fonte noire,* mais d'une teinte plus claire que la précédente, et que, par comparaison, on peut appeler grise. Elle est à moins gros grains que la fonte n°. 1, très-tenace, facile à tourner, à limer et à polir, excellente pour les moulages lorsqu'elle se rapproche du n°. 1, et pour la fabrication du fer en barres lorsqu'elle est au contraire d'une teinte un peu claire : c'est toujours celle qu'on cherche à obtenir en y produisant, suivant l'usage auquel on la destine, les modifications que nous venons d'indiquer; si on la refond successivement un trop grand nombre de fois, elle passe au n°. 3.

N°. 3. *Fonte blanche*, cassante, qui résulte toujours d'un dérangement dans la marche du fourneau ; elle coule mal, jette en coulant des étincelles très-nombreuses, vives et blanches, se

fige très-vite : refroidie, elle offre à sa surface des aspérités irrégulières qui la rendent extrêmement raboteuse ; elle est très-cassante et présente une cassure lamelleuse et rayonnée ; elle est tellement dure que l'acier trempé ne peut l'attaquer. On ne s'en sert jamais pour le moulage ; soumise à l'affinage, elle ne donne qu'un mauvais fer.

C'est probablement la nature différente de la fonte obtenue dans les diverses contrées de l'Angleterre, qui fait que le Staffordshire et le Shropshire fournissent presque toute la fonte moulée, tandis que le pays de Galles fabrique presque exclusivement du fer. Le prix moins élevé du combustible dans le pays de Galles entre peut-être aussi pour beaucoup dans cette différence entre les produits des usines de ces deux contrées.

Ayant eu l'occasion de suivre avec quelque détail le travail du fer dans le Staffordshire et le pays de Galles, nous allons décrire séparément les procédés qui y sont suivis et qui diffèrent en plusieurs points. Nous commencerons par indiquer la forme des hauts-fourneaux dont on fait usage dans les deux contrées, et celle des fourneaux de grillage, dont on se sert seulement dans la seconde.

Hauts-fourneaux du Stafford-shire.

§. 15. (*Forme des hauts-fourneaux dans le Staffordshire.*) Les hauts-fourneaux des environs

de Dudley, de Bilston et de Wednesbury sont construits presque entièrement en briques. Leur forme extérieure est souvent celle d'un cône, souvent aussi ce sont des pyramides à base carrée. Ils sont reliés par un grand nombre de cercles de fer, comme on le voit dans les Pl. 12 et 13, ou par des barres de fer placées à différentes hauteurs. Cette forte armure permet de donner au massif des fourneaux beaucoup moins d'épaisseur qu'on ne le fait habituellement en France : aussi leurs formes sont-elles plus légères et plus élégantes. Il est rare que ces fourneaux soient isolés. Ils sont réunis deux ou trois ensemble et placés généralement sur la même ligne. La Planche 12 offre un exemple de cette disposition. On pratique entre eux un passage étroit, qui conduit aux embrasures latérales, dans lesquelles sont placées les tuyères ; sur le devant du fourneau, on construit toujours un vaste hangar. Les toits de la plupart de ces hangars présentent des profils circulaires, et leur construction en fer et en fonte est d'une légèreté remarquable. Les colonnes en fonte, qui sont ordinairement employées pour en soutenir les fermes, leur donnent aussi beaucoup d'élégance.

Leur forme extérieure.

§ 16. Dans le bassin de Dudley, les fourneaux sont presque toujours au milieu de la plaine, et il faut pratiquer un chemin incliné, pour arriver

Appareil élevatoir

sur leur plate-forme. Ces plans inclinés, composés de planches placées l'une à côté de l'autre et soutenus par des fermes et des traverses, comme l'indique la *fig.* 3 de la Pl. 12, sont établis le plus souvent sur la face postérieure du fourneau. Deux cordes ou chaînes qui passent sur des mollettes et auxquelles le mouvement est donné par une machine à vapeur (souvent la même qui fait marcher la soufflerie), élèvent les chariots en bois ou en tôle, dans lesquels sont les diverses matières que l'on doit verser dans le fourneau. Pour que le service se fasse plus facilement, on élargit quelquefois la plate-forme du fourneau sur le derrière par un plancher. Une balustrade, qui s'ouvre quand les chariots arrivent à la plate-forme, prévient les accidens. Cet avancement est quelquefois recouvert par une toiture. On calcule que pour un fourneau de la plus grande dimension la force dépensée par cet appareil élévatoire est à-peu-près celle de deux chevaux.

[...]uteur des [...]urneaux.

§ 17. La hauteur des hauts-fourneaux est très-variable; il en est quelques-uns qui n'ont que 10^{m},94 (36 pieds anglais) avec la cheminée : tandis que d'autres atteignent jusqu'à 18^{m},28 (60 pieds anglais). Ces limites extrêmes sont assez rares, et on peut dire que la majeure partie des fourneaux de ces contrées ont de 13^{m},68 à 15^{m},20 (45 à 50 pieds anglais) de haut. Ils sont tous terminés

par une cheminée cylindrique de $2^m,44$ à $3^m,66$ (8 à 12 pieds), de sorte que la hauteur de la cheminée est à-peu-près $\frac{1}{5}$ de l'élévation totale du fourneau. Le diamètre intérieur de cette cheminée est le même que celui du gueulard; il varie de $1^m,219$ à $1^m,828$ (4 pieds à 6). Cette cheminée est formée souvent d'un seul rang de briques; et pour plus de solidité elle est cerclée en fer. Les cercles sont placés de manière que la moitié de la cheminée est couverte en fer. La cheminée présente, à sa partie inférieure, une ou deux ouvertures rectangulaires par lesquelles on charge. Elle est bâtie sur un cercle en fonte, qui forme la circonférence du gueulard. Un plan incliné en fonte sert à faire glisser les charges dans le fourneau.

Forme intérieure des fourneaux.

§ 18. L'intérieur des hauts-fourneaux du Staffordshire est le plus souvent de forme circulaire, excepté le creuset et l'ouvrage. Le vide intérieur se divise, comme dans la plupart des fourneaux français, en quatre parties différentes pour leurs formes et pour les fonctions qu'elles remplissent dans l'opération de la fonte des minerais.

L'inférieure, appelée creuset, dans laquelle la fonte se réunit, est un prisme droit rectangulaire, allongé suivant une ligne perpendiculaire aux axes des tuyères. Les parois du creuset sont ordinairement en grès réfractaire, composé de ga-

lets siliceux et d'une pâte de même nature. Les couches inférieures du terrain houiller, désignées par les Anglais sous le nom de *millstone grit*, fournissent souvent ces matériaux très-réfractaires. Le fond du creuset est formé par une large pierre de la même nature, qui repose sur une plaque de fonte.

La seconde partie, que nous désignons en français sous le nom d'*ouvrage*, est aussi généralement en grès réfractaire. Sa forme est celle d'une pyramide quadrangulaire, qui se rapproche beaucoup d'un prisme par la petitesse de l'angle compris entre les faces et l'axe.

Les *étalages*, qui forment la troisième partie, sont coniques; mais ici la surface est beaucoup plus évasée; l'inclinaison des étalages paraît avoir une grande influence sur la qualité de fonte que l'on obtient. Lorsqu'un fourneau doit donner de la fonte n°. 2, la plus noire, propre au moulage, l'inclinaison des étalages est en général moins considérable que lorsqu'on veut fabriquer de la fonte n°. 2, moins noire, pour la transformer en fer. D'après les renseignemens qu'a bien voulu nous communiquer M. Achille Chaper, qui a visité dans le plus grand détail les usines de ces contrées, l'inclinaison des étalages varie entre 55 et 60 degrés avec l'horizontale. Le diamètre supérieur des étalages, qui est égal à la largeur

du ventre, varie de 3m,36 à 3m,96 (11 à 13 pieds anglais) de largeur (1). Les étalages se font ordinairement en briques. La Pl. 12 fait voir le mode particulier de construction de ces différentes parties.

Enfin la quatrième partie, qui forme environ les $\frac{2}{3}$ de la hauteur du fourneau à partir du fond du creuset jusqu'au gueulard, présente la forme d'une surface de révolution engendrée par une courbe dont la concavité est tournée vers l'axe, et dont la dernière tangente vers le bas est presque

(1) Nous ne pouvons indiquer ici que les limites des dimensions des fourneaux, attendu qu'elles varient suivant les usines; pour suppléer à ces données positives, que l'on recherche toujours, nous joignons à ce mémoire plusieurs plans exacts de hauts-fourneaux (Pl. 12 et 13), donnant généralement de bons résultats, nous indiquons en outre ici la comparaison des dimensions de cinq hauts-fourneaux.

Hauteur du creuset au gueulard	13m,680	15m,808	13m,680	14m,904	13m,072
Hauteur du creuset	1m,976	2m,128	1m,880	2m,100	2m,128
—— des étalages	2m,432	2m,432	2m,280	1m,803	2m,432
—— de la cuve	9m,272	11m,248	9m,524	11m,001	8m,512
—— de la cheminée	2m,432	2m,432	3m,648	3m,904	3m,040
Largeur du creuset à sa partie inférieure	0m,760	0m,760	0m,729	0m,605	0m,608
—— à sa partie supér.	0m,913	0m,913	0m,860	0m,802	0m,756
—— des étalages	3m,891	4m,077	4m,560	4m,102	3m,952
—— au tiers de la cuve	3m,648	3m,952	3m,648	3m,513	»
—— aux deux tiers	2m,675	2m,736	2m,432	2m,905	»
—— au gueulard	1m,368	1m,520	1m,371	1m,156	1m,014
Inclinais. des étalages	59°	58°	57°	52	60°

verticale. Cette surface est raccordée avec celle des étalages, de manière à ce qu'il n'y ait pas d'angle trop aigu au ventre. Dans quelques fourneaux dont les dimensions sont considérables, comme dans le fourneau à trois tuyères, dont nous donnons le dessin, *fig.* 1 et 2, Pl. 13, cette partie du fourneau est cylindrique sur une certaine hauteur.

La paroi intérieure ou *chemise* du fourneau est construite en briques réfractaires, dont la couleur blanche après la cuisson a fait donner à cette paroi le nom de *white-work* (ouvrage blanc). Elle est isolée du massif du fourneau par une couche d'argile ou de scories pilées, qui a le double but de permettre à la paroi intérieure de se dilater et de pouvoir être réparée sans faire éprouver d'altération au massif du fourneau. C'est aussi pour cette raison qu'on met une forte plaque de fonte à la jonction des étalages et de la chemise supérieure. On fait souvent reposer la chemise du fourneau sur une espèce de banquette, que l'on ménage, dans la construction du massif extérieur, à la hauteur du haut de l'ouvrage.

es tuyères. § 19. Les hauts-fourneaux du Staffordshire ont toujours au moins deux tuyères. Elles sont placées sur des faces opposées, mais de manière que les vents ne se dirigent pas suivant des lignes directement opposées. Dans le fourneau des environs de Dudley, représenté *fig.* 3 et 4, Pl. 13, l'une

d'elles était éloignée de la rustine ou paroi postérieure du creuset de $0^m,304$, et l'autre de 0,126. Dans les autres fourneaux, *fig.* 1 et 2, Pl. 13, elles sont placées, l'une à $0^m,380$, et l'autre à $0^m,202$ de la rustine.

Il existe des fourneaux qui ont trois tuyères, nous en avons vu plusieurs; mais ils ne recevaient alors de vent que par deux. Nous croyons, sans oser l'affirmer, qu'on emploie rarement les trois tuyères simultanément, du moins dans le cas d'une marche régulière. On ne se sert de la troisième que lorsque le fourneau est engorgé et qu'il est nécessaire d'y produire une augmentation de combustion ou une secousse.

Nous n'entrerons pas dans des détails sur la construction des hauts-fourneaux. Nous dirons seulement qu'on ne peut prendre trop de précaution pour la solidité des fondations. Il faut construire les fourneaux, si le terrain le requiert, sur pilotis, et les placer de manière que le canal pratiqué au bas pour l'assèchement du massif soit au-dessus du niveau des eaux. On ménage aussi dans le massif des canaux pour l'évaporation de l'eau, qui existe toujours dans la maçonnerie.

En Staffordshire, la construction d'un haut-fourneau coûte 1,000 livres sterling (ou 25,200 francs). On y emploie 500,000 briques à 1 livre sterling 5 shillings ou (31 fr. 50 c.) le mille.

A Horseley, les briques ont $0^m,3546$ (14 pouces anglais) de long, $0^m,1773$ (7 pouces) de large, et $0^m,0886$ (3 pouces $\frac{1}{2}$) d'épaisseur.

es machines soufflantes. § 20. Les machines soufflantes employées dans le Staffordshire sont en général des cylindres en fonte, dans lesquels se meut un piston métallique aussi exactement calibré que ceux des machines à vapeur, et fait de la même manière; vers le haut et le bas de ces cylindres souffleurs, sont pratiquées des ouvertures recouvertes de soupapes, qui s'ouvrent en dedans lorsque le vide se fait dans l'intérieur du cylindre, et se referment par leur propre poids. Des ajutages portent dans le régulateur à eau, *fig.* 1 et 2, Pl. 12, le vent que le piston produit en descendant ou en montant; ces machines sont toujours à double effet.

La pression que doit supporter l'air varie dans des proportions très-considérables, suivant la nature du combustible, et même suivant la saison : ainsi en été, l'air étant plus raréfié, il faut qu'il sorte avec une pression plus grande. Les limites sont 1 liv. $\frac{1}{2}$ à 3 liv. $\frac{1}{2}$ par pouce carré. Il est assez rare que ces proportions extrêmes soient employées. Dans le Staffordshire, la pression est ordinairement de 3 livres : c'est avec cette pression que marche habituellement le fourneau représenté par les *fig.* 3 et 4, Pl. 13, qui donne 60 tonnes de fonte par 24 heures. Elle est ordinairement de 2 liv. $\frac{1}{2}$ dans le fourneau à trois tuyères, *fig.* 1 et 2,

Pl. 13, que nous avons cité ci-dessus; les orifices par lesquels sort le vent varient avec la nature du charbon et du minerai. Dans le Staffordshire, ils ont assez généralement 2 pouces $\frac{5}{10}$ à 2 pouces $\frac{8}{10}$ de diamètre.

Force motrice nécessaire pour faire marcher un fourneau.

Les machines soufflantes du Staffordshire sont constamment mises en mouvement par des machines à vapeur: à l'usine de M. Bagnall, deux hauts-fourneaux de $12^m,16$ de haut, non compris la cheminée (quarante pieds anglais), et deux fineries, sont alimentés par une machine à vapeur de la force de quarante chevaux. La force d'un cheval employé à souffler tant les hauts-fourneaux que les fineries qui en dépendent répond à la production de 2 tonnes $\frac{1}{2}$ de fonte par semaine : n'ayant pas les dimensions du cylindre soufflant, nous ne savons pas à quelle quantité d'air cette force répond.

Des fourneaux de grillage du pays de Galles.

§ 21. (*Forme des fourneaux de grillage dans le pays de Galles.*) Dans le sud du pays de Galles, et notamment dans les environs de Merthyr-Tydvil, le pays étant hérissé de monticules, l'extraction du minerai de fer et de la houille a souvent lieu à des niveaux élevés ; les maîtres de forge de ce pays ont profité des avantages que leur présentait le terrain, pour disposer leurs établissemens par gradins, de manière que les matières premières employées dans leurs fourneaux et les

produits de ceux-ci ne soient jamais obligés de remonter en arrière.

Les hauts-fourneaux, généralement réunis plusieurs ensemble et adossés aux flancs des collines, ont leur gueulard au niveau d'une terrasse, bordée elle-même par un rang de fourneaux de grillage. Le gueulard de ceux-ci est au niveau d'une seconde terrasse, plus élevée que la première de toute la hauteur des fourneaux de grillage et sur laquelle on fait le coke en plein air. Elle est en général elle-même à un niveau moins élevé que les galeries des mines dans lesquelles on exploite la houille et le minerai.

Quelquefois les différens fourneaux de grillage sont séparés les uns des autres, et dans ce cas chacun d'eux présente la forme d'un cylindre placé sur un cône renversé. Le cylindre a environ $1^m,828$ (6 pieds anglais) de diamètre sur autant de hauteur, et le cône environ 4 pieds de hauteur, avec une base égale à celle du cylindre; vers le bas, ou la partie la plus étroite du cône renversé, se trouve une ouverture, qui débouche dans une embrasure de niveau avec la terrasse inférieure.

Quelquefois, au contraire, tous les fourneaux de grillage sont en quelque sorte réunis en un seul, qui présente une longue fosse d'environ $1^m,828$ (6 pieds anglais) de largeur, sur une pro-

fondeur égale et dont le fond offre une suite de pyramides quadrangulaires renversées, de 1^{m} 828 de côté (6 pieds anglais), et de 1^{m},219 (4 pieds anglais) de profondeur ; le bas ou la pointe de chacune de ces pyramides communique avec une embrasure qui s'ouvre sur la terrasse inférieure, sur laquelle, aussi bien que dans le cas précédent, le minerai tombe à mesure qu'il est grillé, et sur laquelle on le prend pour le jeter dans les hauts-fourneaux, dont le gueulard n'est qu'à quelques mètres de distance.

Des hauts-fourneaux du pays de Galles.

§ 22. (*Forme des hauts-fourneaux dans le pays de Galles.*) Les hauts-fourneaux du pays de Galles sont en général de la plus grande dimension, c'est-à-dire de 15^{m},24 à 18^{m},28 (50 à 60 pieds) de hauteur totale, très-souvent 16^{m},75 (55 pieds anglais); leur forme extérieure ordinaire est celle d'une pyramide quadrangulaire, dont une des faces est masquée par son adossement à une colline. Ils sont en général bâtis en grès houiller à grain fin; dans la partie inférieure de cette pyramide existent trois ou quatre embrasures, une sur le devant pour la coulée, deux sur les côtés, et quelquefois une par-derrière pour recevoir les buses de la machine soufflante. La chemise du fourneau, qui est circulaire et à-peu-près conique, est construite en briques réfractaires. Elle sert pendant plusieurs fondages : nous en avons vu démolir une qui durait depuis trente-

huit ans. Elle a ordinairement $4^m,250$ (14 pieds anglais) aux étalages, et $1^m,828$ à $2^m,438$ (6 à 8 pieds) et même plus au gueulard, qui se trouve à $13^m,71$ ou $15^m,24$ (45 ou 50 pieds), du fond du creuset. Il est surmonté par une cheminée cylindrique, de même diamètre, et de $2^m,438$ à $3^m,046$ (8 à 10 pieds) de haut, qui, à sa partie inférieure, présente une ouverture rectangulaire dont le seuil est de niveau avec la terrasse qui environne les gueulards. Le creuset, généralement rectangulaire, se construit en poudingue quarzeux très-réfractaire. On le refait, ainsi que l'ouvrage et les étalages, à chaque fondage.

On a construit dernièrement dans le pays de Galles, notamment à Dowlais et à Plymouth-Works, des fourneaux d'une forme différente de celle des fourneaux ordinaires et d'une capacité beaucoup plus grande. La hauteur totale est de $18^m,28$ (60 pieds anglais); celle des étalages n'est pas changée; mais sa largeur au ventre est de $5^m,484$ (18 pieds); la chemise est un cylindre de $5^m,484$ (18 pieds) de diamètre intérieur, surmonté d'une cheminée de même diamètre. Les étalages, l'ouvrage et le creuset sont circulaires. Il y a trois tuyères, dont l'une est opposée à l'orifice de la coulée, tandis que les deux autres sont placées, comme à l'ordinaire, sur les côtés. Ces nouveaux fourneaux consomment plus de

combustible, de minerai et de vent, que les hauts-fourneaux ordinaires; mais ils donnent 80 tonnes de fonte par semaine, et leur emploi paraissait ne pas offrir de désavantage (1).

Dans le pays de Galles, notamment à Pontypool, il existe des fourneaux plus légers, dont la partie supérieure est composée soit d'un seul rang de briques, soit de deux rangs de briques.

Lorsqu'on n'emploie qu'un seul rang, les briques ont 20 pouces de long, 4 d'épaisseur et 9 de large.

Lorsqu'ils sont composés de deux rangs, les briques ont 14 pouces, 12 et 4 $\frac{1}{2}$. Les deux rangs sont séparés par une petite couche d'argile réfractaire.

Les briques ont un côté circulaire. L'intérieur de ces fourneaux présente dans la partie supérieure la forme d'un cône renversé; la partie inférieure est la même que pour les autres fourneaux : c'est un massif de maçonnerie en briques reliées par du mortier de chaux, garni intérieurement d'une chemise de briques réfractaires de mêmes dimensions que celles de la partie supérieure du fourneau.

Le creuset est toujours formé de quatre pierres

---

(1) Nous avons appris que ces fourneaux à large gueulard sont abandonnés.

de grès réfractaire, provenant ordinairement des couches nommées *millstone-grit*.

Pour donner de la solidité à ces fourneaux et pour qu'ils soient capables de résister à la chaleur intense qui est produite dans leur intérieur, ils sont armés de cercles horizontaux, *fig.* 10, Pl. 13, placés de 3 pieds en 3 pieds, ou même beaucoup plus près, par exemple de 6 pouces en 6 pouces. Ces cercles sont composés de quatre pièces, qui s'assemblent sur des barres de fer verticales, portant des espèces d'oreilles ou anneaux, dans lesquels les cercles entrent et où ils sont retenus par des clavettes, comme on le voit *fig.* 11, Pl. 13. Au lieu d'oreilles, on se sert également de vis et d'écrous pour faire cet assemblage. Les cercles s'assemblent alternativement sur chaque barre verticale, au nombre de huit.

L'intérieur de ces fourneaux est le même que celui des autres fourneaux. Ils ont généralement de 12 à 14 pieds de diamètre au ventre, et 50 à 55 pieds de haut.

Ce genre de construction présente des avantages qui paraissent importans : ils donnent beaucoup de légèreté aux fourneaux.

Ces fourneaux durent aussi long-temps que ceux composés de deux massifs, l'un extérieur et l'autre intérieur. M. de Granville, qui nous a communiqué ces détails, nous a dit qu'il con-

naissait deux de ces fourneaux en feu depuis plus de trois ans, et dont la marche faisait présumer qu'ils pourraient servir encore plus d'une année.

On voit, par les détails qui précédent, que, dans le sud du pays de Galles, les hauts-fourneaux ont généralement des dimensions plus grandes que dans le Staffordshire : cela tient peut-être en partie à ce que les établissemens du pays de Galles sont moins nombreux et plus considérables que ceux des environs de Dudley et de Bilston, à ce que les matériaux de construction sont beaucoup moins chers dans le pays de Galles, et peut-être aussi à la qualité du combustible; mais cela tient probablement encore plus à la différence qui existe entre les formes et les proportions intérieures des fourneaux dans les deux contrées, différence qui est en rapport avec les usages que l'on fait de leurs produits. Dans le pays de Galles, où toute la fonte est destinée à être affinée, on vise sur-tout à l'abondance du produit, et l'on donne aux fourneaux de grandes dimensions et principalement une grande hauteur. Dans le Staffordshire, où une partie de la fonte est employée en moulerie, on cherche à n'en obtenir que d'une qualité propre à cet usage, et on donne aux fourneaux moins de hauteur que dans le pays de Galles, sans diminuer proportionnellement leur largeur.

§ 23. Le vent est donné dans le pays de Galles, comme dans le Staffordshire, par des machines soufflantes cylindriques à double effet, mises en mouvement par des machines à vapeur ou par des roues hydrauliques. Plusieurs de ces machines soufflantes sont mues par des machines à vapeur à double effet, construites sur le principe ordinaire de celles de *Bolton* et de *Watt*. Il y a le plus souvent trois chaudières, dont deux sont toujours employées et la troisième en réparation. Elles sont en fer forgé et très-allongées. Le cylindre à vent est unique et à double effet, aussi long et plus large que le cylindre à vapeur. Les deux pistons sont attachés par des parallélogrammes aux deux extrémités d'un même balancier.

Dimensions de quelques souffleries.

A l'usine de Pen-y-Darran, il existe une machine soufflante de cette espèce, mue par une machine à vapeur de quatre-vingts chevaux, dont le cylindre à air a $2^m,438$ (8 pieds anglais) de diamètre sur $2^m,843$ (9 pieds 4 pouces) de hauteur totale. Le piston a $2^m,438$ (8 pieds anglais) de course. Il fait quatorze levées par minute. En calculant la somme des espaces parcourus par le piston en une minute, et supposant que le volume de l'air lancé soit égal seulement à 0,96 de cette somme (ce qui n'a rien d'exagéré pour des machines exécutées avec autant de soin), on trouve que la machine soufflante dont nous nous occupons

lance 10814 pieds anglais cubes, ou 306 mètres cubes d'air par minute.

Dans une soufflerie employée dans l'usine de Cyfarthfa, mue par une machine à vapeur de quatre-vingt-dix chevaux, le cylindre soufflant a $2^{m},843$ (9 pieds 4 pouces anglais) de diamètre et $2^{m},539$ (100 pouces) de hauteur. La course du piston est de $2^{m},438$ (8 pieds), et le nombre de levées est de treize; ce qui donne, en calculant comme ci-dessus, une quantité d'air de 12588 pieds cubes, 356 mètres cubes par minute.

On voit par là que la force d'un cheval appliquée à des machines soufflantes de cette nature donne moyennement 137 pieds anglais cubes, ou 3,90 mètres cubes par minute.

La pression à laquelle l'air est soumis à sa sortie surpasse rarement, dans les usines du pays de Galles, 2 livres par pouce carré.

Rapport de la force dépensée et de la quantité de fonte produite.

§ 24. A l'usine de Cyfarthfa, pour souffler sept hauts-fourneaux et les sept fineries correspondantes, on emploie trois machines à vapeur, l'une de quatre-vingt-dix chevaux, l'autre de quatre-vingts et la troisième de quarante; ce qui fait en tout une force de deux cent dix chevaux, ou 26 $\frac{2}{10}$ chevaux par haut-fourneau, en supposant que les fineries consomment $\frac{1}{8}$ du vent. Dans l'ensemble des établissemens de M. Crawshay, propriétaire de cette usine, la force de trois

cent cinquante chevaux environ est dépensée pour souffler douze hauts-fourneaux et les fineries correspondantes; ce qui, en admettant que les fineries consomment environ un huitième du vent, suppose que chaque fourneau dépense moyennement pour la production du vent qui lui est nécessaire une force de vingt-cinq à vingt-six chevaux.

A l'usine de Pen-y-Darran, appartenant à M. Forman, on consomme une force d'environ cent quarante chevaux pour souffler cinq hauts-fourneaux et les cinq fineries qui les accompagnent. Cette proportion est un peu moindre que celle employée dans les établissemens de M. Crawshay, et en effet les fourneaux de M. Forman sont un peu moins grands.

Il résulte de ce qui précède que, dans le pays de Galles, pour souffler un haut-fourneau d'une hauteur moyenne totale de 55 pieds et une finerie, on emploie une force de vingt-huit à vingt-neuf chevaux; en supposant que le huitième du vent soit consommé par la finerie, il reste, pour chaque haut-fourneau, une force de vingt-cinq chevaux. Comme ces mêmes hauts-fourneaux produisent environ soixante tonnes de fonte par semaine, on voit que la force d'un cheval, employée à donner du vent tant aux hauts-fourneaux qu'aux fineries, correspond à la production de 2,10 tonnes de fonte par semaine.

Dans l'usine de Plymouth-Works à Merthyr-Tydvil, quatre hauts-fourneaux et quatre fineries reçoivent le vent d'une machine soufflante composée de quatre cylindres en fonte, ayant chacun $1^{m},525$ (5 pieds) de diamètre intérieur et $1^{m},828$ (6 pieds) de haut. Le nombre des coups de pistons est de dix-huit par minute. Les pistons sont mis en jeu par des roues hydrauliques. En calculant, comme il a été dit ci-dessus, la quantité d'air lancée par cette machine, et en supposant que les fineries en consomment $\frac{1}{8}$, on trouve que la quantité de vent lancée par minute dans chaque haut-fourneau est de 3,711 pieds cubes (105 mètres cubes). Comme cette machine est plus compliquée que les machines soufflantes mues par la vapeur, il est probable que ce résultat est un peu au-dessus de la vérité.

Si on suppose de même que dans les établissemens de M. Crawshay et de M. Foreman, cités plus haut, les fineries consomment un huitième de l'air lancé, on trouvera que chacun des hauts-fourneaux du premier consomme 3,567 pieds cubes (101 mètres cubes) d'air par minute, et chacun de ceux du second 3,324 pieds cubes, ou 94 mètres cubes d'air par minute.

Traitement des minerais de fer en Staffordshire.

Nature des minerais.

§ 25. Nous avons dit, en parlant du bassin houiller du Staffordshire, que parmi les différens minerais de fer carbonaté qui se trouvent dans les argiles schisteuses du terrain houiller, on distinguait deux sortes principales. La première, appelée *gubbin*, qui y existe en boules ou en rognons peu aplatis, présente une cassure légèrement conchoïde, d'un gris noirâtre; la seconde, appelée *blue-flat*, forme des veines ou des rognons extrêmement aplatis; elle présente une cassure unie, d'un gris pâle ou d'un gris bleuâtre; elle est moins dense et moins riche que la première, qui contient quelquefois, mais très-rarement, jusqu'à 45 pour 100 de fer (1).

Prix du minerai.

On admet comme minerais tout ce qui contient plus de 20 pour 100; on les paie, au sortir de la mine, à des prix qui varient avec leur qualité, et qui s'élèvent moyennement à 12 shillings (15 francs) la tonne pesant à-peu-près 1015 kilog. Le minerai riche, appelé *gubbin*, a valu jusqu'à 22 shillings (27 fr. 50 c.) la tonne dans ces dernières années. Dans le moment actuel, il ne coûte que 16 à 17 shillings (20 à 21 fr. 25 c.).

Grillage du minerai.

§ 26. Le minerai est soumis au grillage avant

(1) Nous avons essayé au Laboratoire de l'École royale

d'être porté au haut-fourneau. Le grillage s'exécute en plein air. On forme des tas de minerai

---

des mines plusieurs minerais des houillères, pour en connaître la richesse. Nous joignons ici les résultats de ces essais :

Minerais crus.

	Minerai riche du pays de Galles.	Minerai peu riche du pays de Galles.	Minerai peu riche du pays de Galles.	Minerai riche (*gubbin*) des env. de Dudley, Staffordshire.
Perte au feu.......	30,00	27,00	24,33	31,00
Résidu insoluble...	8,40	22,03	31,50	7,66
Chaux............	»	6,00	2,50	2,66
Peroxide de fer....	60,00	42,66	40,28	58,33

En calculant les quantités de carbonate de fer et de fer métallique, auxquelles répond le peroxide de fer, on a

Carbonate de fer...	88,77	65,09	62,56	85,20
Fer métallique.....	42,15	31,38	27,70	40,45

Minerais grillés.

	Minerai peu riche du pays de Galles.	Minerai du Staffordshire.
Résidu insoluble..............	27,70	27,55
Chaux........................	1,70	»
Alumine......................	4,70	1,20
Peroxide de fer.................	62,40	71,00
	97,50	99,75
D'où fer métallique...........	43,38	49,23

En supposant que ces minerais ont perdu 28 pour 100 par le grillage, on trouve que le premier non grillé contient 31,23 de fer métallique et le second 35,87.

D'après ces essais, faits sur des minerais que nous avons recueillis sur des tas représentant les richesses extrêmes,

mélangé de menue houille reposant sur une couche de gros morceaux de ce combustible. On donne à ces tas de 6 à 7 pieds de haut sur environ 15 à 20 de large. On met le feu à une extrémité ; à mesure que le grillage s'opère à cette extrémité du tas, on allonge l'autre autant que la disposition des lieux le permet. Lorsque la chaleur devient trop forte en quelque point du tas de grillage, il se produit des scories, qui coulent et qui contiennent des portions de fer métallique. On évite de pousser la chaleur aussi loin ; mais très-souvent la surface et les angles des fragmens éprouvent un commencement de fusion et deviennent bulleux.

On conduit le grillage de manière que le haut-fourneau ne manque jamais de minerai grillé, sans chercher à préparer d'avance une provision de ce dernier, comme cela se pratique dans beaucoup d'usines des Alpes, parce qu'ici il n'est pas nécessaire de laisser le minerai exposé à l'air entre le moment du grillage et celui de la fonte.

---

on peut conclure que la richesse moyenne des minerais de fer carbonaté employés dans les usines s'éloigne peu de 33 pour 100. Trois de ces six essais ont été faits sur des minerais riches et les trois autres sur des minerais pauvres, et la moyenne des six résultats est 34,79 pour 100 du minerai cru.

Il faut environ 4 quintaux ou 230 kilog. de menue houille pour griller une tonne ou 1,015 kilog. de minerai brut. Sur quelques mines, 2 tonnes de charbon grillent 16 tonnes de minerai. Houille consommée dans le grillage.

Le minerai perd, dans l'opération du grillage, de 25 à 30 pour 100 de son poids. Il faut 3 $\frac{1}{4}$ tonnes de minerai brut ou 2 $\frac{1}{4}$ tonnes de minerai grillé pour produire une tonne de fonte; c'est-à-dire que le minerai brut rend moyennement 30,7 pour 100 et le minerai grillé 44,4. Dans la plupart des usines, on emploie des volumes à-peu-près égaux des deux minerais grillés. On en varie les proportions suivant leur richesse, le but qu'on se propose étant d'avoir un mélange constant, dont la teneur soit de 30 à 33 pour 100 du minerai cru. Mélange des minerais.

§ 27. On se sert comme castine (*flux*) du calcaire de transition de Dudley, qui est compacte et plus ou moins mélangé d'argile. Le volume de la castine est à-peu-près égal à la moitié de celui du minerai. Pour traiter 2 $\frac{1}{4}$ tonnes de minerai grillé, qui donnent une tonne de fonte, on emploie 19 quintaux, chacun de 112[l. b.] de pierre calcaire; ce qui fait à-peu-près 1 de calcaire pour 3 de minerai non grillé. Le calcaire coûte 6 shillings (7 fr. 30) la tonne. Quantité de castine.

§ 28. La houille carbonisée ou *coke* est le seul

Fabrication du coke.

combustible employé dans les hauts-fourneaux du Staffordshire; sa fabrication se fait toujours à l'air libre; elle s'exécute si simplement, qu'on a de la peine à en concevoir les difficultés, qui sont cependant bien réelles, et que l'on éprouve dans toutes les usines où l'on introduit le traitement du minerai de fer à la houille. Pour carboniser la houille, on a coutume, dans ce pays, de la disposer en tas circulaires, à-peu-près semblables à ceux qu'on fait en France pour le charbon de bois. Ils ont environ 15 pieds (4^{m},569) de diamètre sur 4 pieds (1^{m},219) de hauteur. Leur milieu est occupé par une petite cheminée en briques, placées de manière à laisser quelques intervalles entre elles, sur-tout dans le bas. On range les plus gros morceaux de houille autour de cette cheminée et les petits vers la circonférence. Lorsque le tas est arrangé, on y met le feu par la cheminée du milieu; pour empêcher que la combustion ne soit trop rapide, on recouvre ensuite le tout d'une couche de menue houille ou de menu coke. On y ménage des ouvertures, qu'on bouche et qu'on débouche à volonté, de manière à accélérer ou à ralentir la combustion, qui dure moyennement vingt-quatre heures. Lorsque la carbonisation est arrivée au point convenable pour obtenir du coke, on enlève la couche de menue houille et on jette de

l'eau pour éteindre le coke. On croit, dans quelques usines, que la quantité de l'eau d'arrosage est très-importante pour obtenir un bon résultat.

Dans cette opération, la houille du Staffordshire perd la moitié de son poids, c'est-à-dire qu'il faut 2 tonnes de houille pour produire une tonne de coke.

La houille de première qualité vaut, rendue au fourneau, de 7 shillings $\frac{1}{2}$ à 8 shillings (9 fr. 35 c. à 10 fr.) la tonne (1015k.). L'hectolitre de coke pèse 40 kilogrammes (1).

§ 29. La marche des hauts-fourneaux anglais est si régulière et si simple, qu'elle n'exige pas une longue description. Cette régularité tient à la constance de la nature des matières employées; on peut dire aussi que le grand nombre d'usines concentrées sur un même point a dû produire assez promptement un travail perfec- **Marche des hauts-fourneaux.**

---

(1) Quoique nous nous soyons proposé dans ce mémoire de faire connaître seulement les procédés en usage en Angleterre, nous croyons rendre service aux personnes qui pourront le consulter, en insérant dans une note placée à la fin la méthode employée à l'établissement du Janon près de Saint-Étienne pour la fabrication du coke. Nous l'extrairons d'un mémoire publié par M. Delaplanche, élève-ingénieur des Mines, dans le tome XIII des *Annales des Mines*, page 505.

tionné. La mise en feu et les premiers jours de fonte d'un haut-fourneau exigent, comme partout, beaucoup de soin. Les précautions que l'on apporte dans ce commencement doivent même être encore plus grandes en Angleterre que dans les autres pays, le massif à sécher étant plus considérable, malgré la légèreté relative des hauts-fourneaux à coke et comparés aux hauts-fourneaux au charbon de bois.

Lorsque le fourneau a pris une marche régulière, ce qui n'arrive au plus tôt que quinze jours à trois semaines après la mise en feu, le travail consiste, dans le Staffordshire, simplement à charger les hauts-fourneaux à mesure qu'il se fait au-dessous du gueulard un vide suffisant pour recevoir une nouvelle charge; on n'a d'autre règle à cet égard que de maintenir toujours le fourneau plein.

§ 30. Le coke se mesure au panier. Il en faut 13 pour faire une tonne. Le minerai et la castine s'apportent dans des espèces de vans en tôle. En vingt-quatre heures, on jette, dans les fourneaux pareils à celui représenté (*fig.* 1 et 2, Pl. 13), $14\frac{1}{4}$ tonnes de coke, 16 tonnes de minerai grillé, et $6\frac{3}{4}$ tonnes de pierre calcaire, et on obtient environ 7 tonnes de fonte. On coule de douze heures en douze heures : dans quelques usines, on arrête la machine soufflante pendant cette opération.

La fonte destinée à être convertie en *fine-metal,* puis en fer, ou à être refondue pour être moulée, est coulée en petits saumons de 3 pieds de long sur 4 pouces de diamètre : ils pèsent environ 2 quintaux $\frac{1}{2}$ ou 144 kilogrammes. Les objets en fonte moulée se fabriquent le plus souvent en fonte de première fusion ; lorsqu'on a plusieurs fourneaux accolés, on peut obtenir des pièces très-considérables. Quand on veut qu'elles soient très-homogènes et résistantes, comme les cylindres de machines à vapeur et autres objets (appelés *good-works* en anglais), on refond le métal dans des fourneaux à réverbère. Si les pièces à couler sont de petites dimensions, on se sert, pour la seconde fusion, de fourneaux à manche désignés sous le nom de *fourneaux à la Wilkinson.*

§ 31. Les dérangemens auxquels ces fourneaux sont sujets ont presque toujours pour effet de donner de la fonte blanche. La couleur des laitiers est le guide le plus sûr pour faire connaître ces dérangemens ; elle indique également la qualité des produits. Si le fourneau donne de la fonte propre au moulage, les laitiers sont d'une vitrification assez uniforme et faiblement translucides. Si on a augmenté la dose de minerai pour obtenir une fonte grise propre à la fabrication du fer, les laitiers sont opaques, lourds et d'un jaune ver-

Des dérangemens.

Nature des laitiers.

dâtre, présentant des zones émaillées bleuâtres. Enfin si le fourneau donne de la fonte blanche, les laitiers sont noirs, vitreux, très-bulleux, et dégagent une odeur d'hydrogène sulfuré. Les laitiers du travail au coke sont beaucoup plus chargés en chaux que ceux que l'on obtient au travail au charbon de bois. Cet excédant de chaux, ainsi que nous l'indiquerons plus en détail en parlant du travail des hauts-fourneaux dans le pays de Galles, paraît destiné à enlever le soufre, qui nuirait à la qualité de la fonte. Ces laitiers, lorsqu'ils sont opaques, donnent, quand on souffle dessus, une forte odeur terreuse. Ils sont ordinairement très-chargés en chaux.

Produit en fonte.

§ 32. Un haut-fourneau de 50 à 60 pieds de hauteur totale donne ordinairement 60 et quelquefois 70 tonnes de fonte (60,900 et 71,106 kilogrammes) par semaine; un haut-fourneau de 50 à 55 pieds anglais donne ordinairement 6 tonnes par semaine. Deux hauts-fourneaux accolés, de 45 pieds de haut, produisent, à eux deux, 100 tonnes de fonte par semaine; et un haut-fourneau de 36 pieds de hauteur totale en donne de 30 à 40.

Le produit des hauts-fourneaux n'est pas toujours en rapport direct avec leur hauteur; d'autres conditions paraissent l'emporter en certains cas sur la capacité. M. le comte Achille de

Jouffroy dit, « que le petit fourneau d'Old-Park
» produit régulièrement chaque semaine, depuis
» quatre ans, 55 tonnes de gueuse; tandis qu'un
» fourneau de plus grandes dimensions, situé à
» un mille de distance, près de Waterloo, en
» fournit tout au plus 40 tonnes de qualité sem-
» blable dans le même espace de temps. »

Un haut-fourneau marche ordinairement quatre ou cinq ans sans mettre hors.

§ 33. Il faut moyennement, dans le Staffordshire, 3 tonnes $\frac{1}{2}$ à 4 tonnes de houille, y compris le grillage, pour obtenir une tonne de fonte. On emploie 3 tonnes $\frac{1}{4}$ de minerai cru, ou 2 $\frac{1}{4}$ de minerai grillé, et 19 quintaux de pierre calcaire.

La dépense, en main-d'œuvre, est de 18 à 19 francs par tonne.

Dans une usine des environs de Dudley où nous avons eu quelques facilités pour connaître les consommations et les produits, le quintal métrique de fonte occasionne les dépenses suivantes (1) :

(1) M. Achille de Jouffroy, dans une note que nous avons déjà citée, dit que dans une usine du Staffordshire, composée de trois hauts-fourneaux, de deux feux d'affinerie et un moulin à fer, alimentée par une machine à vapeur de cent dix-huit chevaux, dont quatre-vingt-deux

Consommation pour 100 kilogr. de fonte.

325 kilog. de minerai cru, à 1 f. 90 .	6 fr.	18 c.
140 kilog. de calcaire, à 0,72.......	1	»
300 kilog. de houille pour le haut-fourneau, à 0,90..........	2	70
30 kilog. de houille pour le grillage, à 0,90.................	»	27
Main-d'œuvre, à 1,80..........	2	»
Entretien et intérêt, etc., à 0,80. . .	»	80
	12 fr.	95 c.

Sur la mine de Donnington (Shropshire) les prix du charbon et des différens minerais d fer sont les suivans; et dans l'usine de Wrock wordine, qui appartient au même propriétaire la dépense en minerai et en charbon est celle qu nous allons indiquer ci-après.

---

employés aux souffleries, six au halage du minerai a sommet des fourneaux, et 30 aux cylindres, les consom mations et les produits pour six jours de travail, ou cen quarante-quatre heures, sont:

Consommations.

Minerai de fer, 5,500 quint. métriques, à 1 fr. 90 c......	10,450 fr
Castine.............................. à 0,72.........	1,485
Houille, 5,500 quintaux métriques.... à 0,95........	5,225
Main-d'œuvre......................................	1,227
TOTAL....	18,387 fr.

Produit.

Gueuse brute, 1,452 quintaux. En réduisant ces données

Le charbon revient à 4 shillings 9 pences la tonne pesant 2,240 livres ou 1,015 kilogrammes. Le shilling vaut 1 fr. 25 cent.

La tonne des différens minerais revient, pour celui appelé

	shillings.		fr. c.
Black-flat-iron. . . .	16,25	—	20,43
Black.	16,17	—	20,35
Ball	17,80	—	22,37
Pemmery.	17,30	—	21,74
Brickmeasure.	16,85	—	21,06
Sinking.	10,20	—	12,82

Le prix moyen de la tonne de ces différens minerais est donc de 15sh.,76; ce qui met le quin-

---

à un quintal métrique, pour comparer avec le résultat précédent, on a :

385 kilog. de minerai,	à 1,90. . . .	7 f.	32 c.
143 kilog. de castine,	à 0,72. . . .	1	03
385 de houille.	à 0,95. . . .	3	65
Main-d'œuvre.	0,85. . . .	0	85
		12 f.	85 c.

La consommation en minerai, qui est ici de 385 kilogr. pour un quintal métrique de fer, nous paraît trop considérable, le minerai rendant plutôt 30 pour 100 de fonte que 28. Le prix de la main-d'œuvre est au contraire trop peu élevé, la tonne de 1,015 kilog. coûtant de 15 à 16 shillings, c'est-à-dire de 19f.26 à 20f.12 ; mais le résultat total approche beaucoup de la réalité.

tal métrique à 1f.93. Un quintal métrique de fonte exige, dans l'usine de Wrockwordine :

		Le quint. m.
300 kilogr. de minerai cru, à	1f.93 —	5f.79 c.
350 kilog. de houille pour le haut-fourneau......	0,60 —	2,10
50 kilogr. pour la machine soufflante.........	0,56 —	0,28
56 kilogr. pour griller le minerai.........	0,56 —	0,31
100 kilogr. de castine, à...	0,51 —	0,51
Main-d'œuvre, à.........	1,86 —	1,96
Intérêt de la mise de fonds, réparations, etc. (moyenne de trois années).................		0,75
		11f.70 c.

Les consommations étant du plus grand intérêt pour toutes les personnes qui s'occupent du travail du fer, nous ajouterons encore ici des données que nous avons trouvées dans un mémoire de M. Aikin, sur la fabrication du fer dans le Shropshire (1).

Il annonce que

91,41 de minerai brut + 22,85 de houille produisent 68,73 de minerai grillé ;

68,73 de minerai grillé + 147,28 de houille (ou 73,64 de coke) + 17 de castine produisent 32,73 de fonte.

(1) *Technical Repository*. Décembre 1826, page 334.

Ou, en réduisant en kilogrammes, un quintal métrique de fonte exige

279 kilogr. de minerai brut, ou 200 kilog. de minerai grillé;

61 kilogrammes de houille pour le grillage;

452 kilogr. de houille pour le haut-fourneau, ou 223 de coke;

52 kilogr. de castine.

On remarquera que la consommation en houille est considérable, ce qui tient à ce qu'elle perd beaucoup par la carbonisation.

Traitement des minerais de fer dans le pays de Galles.

§ 34. Les forges du pays de Galles se trouvent dans le nord du comté de Glamorgan, sur la ligne qui va d'Abergavenny à Merthyr-Tydvil, et se prolonge dans la même direction jusqu'à la rivière de Neath. On compte, dans cette bande de 4 myriamètres de long sur une assez petite largeur, plus de soixante-dix hauts-fourneaux, dont vingt-sept se trouvent dans la paroisse de Merthyr-Tydvil. Il y a un demi-siècle, Merthyr-Tydvil, qui compte aujourd'hui 25,000 habitans, et livre annuellement au commerce 52,000 tonnes de fer forgé, n'était qu'un village très-pauvre.

Nombre de hauts-fourneaux à Merthyr-Tydvil.

On traite presque uniquement, dans cette contrée, du fer carbonaté lithoïde, qui se trouve en

Nature du minerai de fer.

rognons et en veines dans l'argile schisteuse du terrain houiller, et qui s'exploite sur les pentes des collines, soit à ciel ouvert, soit par galeries, soit par puits et galeries. Le minerai le plus riche forme des rognons à surfaces arrondies, et à cassure conchoïde d'un gris noirâtre. Le minerai en veines aplaties est moins riche ; sa cassure est unie et un peu terreuse. Le minerai, au sortir de la mine, demeure encore enveloppé d'un peu d'argile schisteuse. En cet état, on le range en tas rectangulaires, d'après le cubage desquels on paie provisoirement les ouvriers qui l'ont extrait. Le minerai ainsi exposé à l'air se dépouille promptement de l'argile schisteuse qui y adhère : celui de la variété la moins riche jaunit beaucoup par cette exposition à l'air. Il présente quelquefois, d'une manière très-prononcée, la structure désignée sous le nom de *cone in cone coral* : il contient aussi quelquefois des coquilles bivalves.

xposition u minerai de fer à l'air.

Dans quelques usines de ces contrées, notamment dans celle de Cyfarthfa, on emploie quelquefois, concurremment avec le fer carbonaté lithoïde, une petite quantité d'hématite rouge, très-riche, qu'on apporte par mer de la partie septentrionale du Lancashire. Eu égard à sa richesse de 70 pour 100, ce minerai ne revient pas beaucoup plus cher que l'autre, et il procure au maître de forges qui en a un approvisionnement l'a-

vantage de se trouver un peu moins dans la dépendance des ouvriers mineurs, avantage qui, dans ce pays, n'est pas sans importance.

On ajoute aussi des scories de chaufferies qui sont riches et assez pures; quelquefois même, on fond celles provenant de l'opération du puddlage ; mais les scories de fineries sont toujours rejetées comme impures.

Le minerai de fer carbonaté lithoïde, prêt à griller, revient dans l'usine de Cyfarthfa, appartenant à M. Crawshay, de 5 à 10 shillings la tonne, suivant sa qualité. Le prix moyen est ainsi de 7 shillings et demi, ou 8 fr. 12 c. la tonne de 1,015k.; la richesse moyenne est de 33 pour 100 avant le grillage.

§ 35. Le grillage du minerai s'opère, dans les fourneaux décrits (§ 21), par un procédé fort analogue à celui qui est suivi dans la cuisson de la chaux. Après avoir rempli les fourneaux de couches alternatives de menue houille ou de menu coke et de minerai, on allume le feu par en bas; à mesure que la combustion s'opère, on retire le minerai grillé, de manière à rendre le grillage continu. Quelquefois on charge de nouveau, à la partie supérieure du fourneau, des couches alternatives de combustible et de minerai. D'autres fois, au contraire, on ne grille que ce qu'on a pu ranger dans le fourneau. Dans tous

Grillage du minerai.

les cas, on conduit les fourneaux de grillage de manière qu'ils donnent, à chaque instant, ce qui est nécessaire pour alimenter les hauts-fourneaux. Dès que le minerai a subi le grillage, on le porte au haut-fourneau. Le minerai perd, dans l'opération du grillage, environ $\frac{1}{4}$ de son poids, et sa richesse moyenne devient par conséquent de 33 sur 75, ou de 44 pour 100. On ne concasse que très-grossièrement le minerai avant le grillage. Le minerai grillé contient encore beaucoup de morceaux de la grosseur du poing, qu'on jette sans autre préparation dans le fourneau.

De la castine.

§ 36. On emploie comme castine, dans les hauts-fourneaux de Merthyr-Tydvil, du calcaire compacte, gris noirâtre, à cassure unie, un peu conchoïde, qu'on extrait à peu de distance dans des carrières ouvertes dans le calcaire dit *métallifère* qui supporte le terrain houiller. On ne prend pas la peine de casser la castine en petits morceaux ; il y reste beaucoup de fragmens de la grosseur du poing et au-dessus. On emploie une tonne de castine pour 3 tonnes de minerai non grillé, ou, ce qui revient au même, une tonne de castine pour obtenir une tonne de fonte.

Fabrication du coke.

§ 37. Le coke employé dans les hauts-fourneaux du pays de Galles est préparé en plein air de la manière la plus simple. On dispose la houille en tas d'une grande longueur ; ils ont 8

à 10 pieds de large sur 2 à 3 de haut; après avoir écarté de part et d'autre le menu coke resté des opérations précédentes, on place, de préférence, les gros fragmens de houille vers le milieu de la largeur des tas, afin de ménager des passages à l'air. On met le feu par-dessus, au milieu de la largeur du tas et à divers points de la longueur; et on couvre le tas à diverses reprises, avec du menu coke ou de la houille menue, pour modérer et arrêter la combustion. La cuisson du coke dure ordinairement vingt-quatre heures. A Pen-y-Darran, 5 parties de houille donnent 3 ½ parties de coke, ou 100 de houille donnent 70 de coke. A Dowlais, 100 de houille produisent 71 de coke; le produit serait plus considérable si on apportait plus de soin à cette opération. Le coke se mesure ordinairement par mesures de capacité de 18 pieds cubes anglais, appelées *barrels*. A Plymouth-Works, 3 tonnes de houille donnent 12 barrels de coke. Chaque barrel pèse environ 178 kilogrammes, ce qui fait environ 70 kilogrammes de coke pour cent de houille. Produit e coke.

Le prix de la houille varie suivant les distances des mines à l'usine. A Dowlais, elle coûte 2 shillings la tonne; à Cyfarthfa, elle vaut de 2 shillings ½ à 5 shillings (3 fr. 10 cent. à 6 fr. 25 cent.).

§ 38. Le travail des hauts-fourneaux est aussi rche d -f ne t.

simple dans le pays de Galles que dans le Staffordshire; on n'a d'autre règle que de tenir les hauts-fourneaux aussi pleins que possible, et pour cela on y ajoute une nouvelle charge, dès qu'il s'est fait au-dessous du gueulard un vide suffisant pour la recevoir. Au moyen de la terrasse qui se trouve au niveau des gueulards, on apporte le coke dans de grandes brouettes en fer forgé, dont chacune a une contenance égale à un *barrel*.

On jette dans un haut-fourneau 40 à 50 de ces barrels en 12 heures, ce qui indique une consommation d'environ 17,000 kilogrammes de coke en 24 heures, et comme dans cet intervalle de temps le fourneau produit environ 8,000 kilogrammes de fonte, on voit qu'on consomme environ 2,1 de coke pour obtenir 1 de fonte. Les quantités de castine et de minerai sont évaluées d'après leur poids. On les pèse, et on les jette dans le fourneau, dans des espèces devans en tôle; on coule de douze en douze heures. La fonte, qu'on moule presque toute en saumons (pigs) destinés à être affinés, est le plus souvent grise; lorsque le fourneau va bien, les laitiers sont vitreux, très-peu bulleux, et d'un vert sombre près de la surface; opaques, un peu cristallins et d'un jaune verdâtre dans l'intérieur. On voit quelquefois des veines bleues tant dans la partie vitreuse que dans la partie

opaque. Lorsque le fourneau donne de la fonte blanche, difficile à affiner, ce qui est l'effet ordinaire des divers dérangemens auxquels ils sont sujets, les laitiers sont noirâtres, un peu vitreux et translucides, presque toujours très-bulleux.

§ 38. En général, les laitiers des hauts-fourneaux anglais contiennent une beaucoup plus grande quantité de chaux que ceux des hauts-fourneaux alimentés par le charbon de bois, ce qui les rend moins fusibles que ces derniers. Depuis long-temps, on savait que les Anglais avaient l'habitude d'ajouter à leur minerai une grande quantité de castine. M. Berthier a fait voir dans un Mémoire publié dans les *Annales de chimie et de physique*, tome XXXIII, page 154, que cet excès de chaux avait pour but de s'emparer d'une partie du soufre que renferment assez habituellement la houille et les minerais de fer des houillères. Dans ce Mémoire, consacré à l'examen de l'action des alcalis et des terres alcalines sur quelques sulfures métalliques, M. Berthier prouve que ces sulfures sont facilement décomposés par les alcalis et les terres alcalines, à l'aide du charbon; mais que lorsque ces mêmes terres sont combinées, ou qu'elles peuvent se combiner avec une certaine proportion de silice ou d'acide borique, elles n'ont plus d'action sur les sulfures. Ainsi le bisilicate

Soufre dans les laitiers.

Excès de chaux dans les laitiers.

il paraît que leur composition est aussi analogu à celle de cette substance. Ces laitiers dégager une odeur terreuse.

Le laitier n°. 2 provient du même fourneau; a été obtenu lorsque la fonte était mauvaise; est noir, bulleux; il contient une assez grand quantité de soufre.

Le laitier n°. 3 a été recueilli dans une usin des environs de Dudley (Staffordshire), le fou neau allant bien.

Les n°s. 4 et 5 sont des laitiers de haut-four neau du Janon à Saint-Etienne : nous ne rappor tons ici leurs analyses que pour faire remarque que ces laitiers contiennent une assez grand quantité de soufre. Nous ajouterons que, d'a près des renseignemens que nous avons re cueillis, la fonte de ce fourneau, de mauvais qualité dans les premiers mois de sa mise en activité, est devenue grise et de bonne qualit depuis que les laitiers ont été surchargés d chaux.

Excès de chaux favorable aux minerais phosphoreux.

§ 40. Cet excès de chaux est aussi très-favora ble quand les minerais contiennent du phosphat de chaux, comme il arrive souvent dans les mine rais des houillères. La chaux n'agit plus ici comm dissolvant; mais elle rend plus difficile la décom position du phosphate de chaux. Il faut observe néanmoins que, d'après les propriétés connue

de l'acide phosphorique, quel que soit l'excès de chaux qu'on ajoute, il ne paraît pas possible d'éviter la formation d'une certaine quantité de phosphure de fer dans les hauts-fourneaux.

§ 41. La consommation en houille des hauts-fourneaux du pays de Galles peut être évaluée moyennement à 3 tonnes pour 1 tonne de fonte, ainsi qu'il résulte des données suivantes. Consommations.

Dans l'usine de Plymouth-Works, pour obtenir une tonne de fonte (*pig-iron*), on consomme 3 tonnes de houille, ou 2,10 de coke et 3,25 tonnes de minerai non grillé; ce qui correspond à une teneur d'environ 31 pour 100, qui est un peu plus faible que celle qui nous a été indiquée dans les autres usines.

Dans l'usine de Cyfarthfa, on nous a dit qu'une tonne de *pig-iron* exige 2 tonnes $\frac{1}{2}$ de houille, qui répondent à 1,75 de coke, et un peu plus de 3 tonnes de minerai non grillé, le minerai rendant moyennement 32 pour 100.

Dans celles de Pen-y-Darran et de Dowlais, on nous a dit que pour obtenir une tonne de *pig-iron* on consomme 3 tonnes de houille, ou 2,10 de coke.

Le mélange des minerais est ordinairement combiné de manière à produire une quantité de fonte égale à 33 pour 100 du poids du minerai non grillé; on emploie une tonne de castine

la couleur varient souvent avec l'état intérieur du fourneau.

Prix de fabrication de la fonte.

En récapitulant ces consommations, nous conclurons qu'une tonne de fonte, *pig-iron*, dans le pays de Galles, revient au prix suivant :

300 kilog. de minerai cru, à 10 shillings la tonne, ou 1f.23 les 100 kilogramm.	3 f.	69 c.
100 kilog. de castine, à 4 sh. et demi la tonne, ou 0,55 les 100 kilogrammes...	»	55
320 kilogr. de houille pour le haut-fourneau, à 5 shil. la tonne, ou 0,62 les 100 kilogrammes..............	1	98
50 kilog. de houille pour la machine soufflante....................	»	31
50 kilogr. *id.* pour le grillage du minerai.	»	31
1 fondeur, à 4 shillings par tonne, ou 0,55 pour 100....................	»	55
2 chargeurs, à 6 shillings par tonne, ou 0,76 par 100 kilogrammes...........	»	76
2 charrieurs de scories, *id*.........	»	76
Intérêts de la mise de fonds, réparations, redevance seigneuriale..............	1	»
	9 f.	91 c.

Ce prix est moins élevé que celui du Stafford-shire, ce qui tient principalement à la différence de prix dans le minerai, qui est très-grande. Aussi le pays de Galles peut-il livrer ses fers à un prix inférieur à celui des autres parties de l'Angleterre.

Matière line dépose tympe.

§ 42. Il se dépose journellement sur la surface de la tympe et dans les interstices des pierres qui entourent les ouvertures des tuyères, lorsque ces interstices peuvent donner passage à la flamme, une matière scoriacée, riche en alcali, qui est recueillie pour faire la lessive. Cette substance déliquescente contient, d'après une analyse de M. Berthier (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XXXIII, page 217),

Sels solubles......	0,385
Substances insolubles.	0,615.

Les sels solubles ont été trouvés composés de :

Carbonate de potasse.	0,63
Sulfate de potasse....	0,37
Silice...........	trace.
TOTAL...	1,00

Les substances insolubles ont donné, à l'analyse :

Silice...........	0,343
Protoxide de fer....	0,260
Alumine........	0,040
Chaux.........	0,052
Potasse.........	0,205
Laitier mélangé.....	0,100
	1,000

L'alcali provient sans doute de l'argile schisteuse, dont le fer carbonaté des houillères est toujours intimement mélangé, ainsi que des cendres du coke.

Durée des hauts-fourneaux.

Les hauts-fourneaux du pays de Galles restent en feu de cinq à dix ans, et au bout de ce temps on n'a ordinairement à refaire que leur partie inférieure. La chemise dure beaucoup plus longtemps, nous en avons vu démolir un dont la chemise avait trente-huit ans de fondage.

Affinage de la fonte par les procédés anglais.

§ 43. D'après le court aperçu que nous avons donné, au commencement de ce Mémoire, des perfectionnemens qui ont été apportés à l'affinage du fer à la houille, on a vu que cette opération se divisait en trois parties distinctes.

La première, l'affinage proprement dit, s'exécute dans des fourneaux analogues à nos foyers de mazage; elle produit un métal plus voisin de l'état de fer pur, et désigné sous le nom de *fine-metal.*

La seconde opération, qui a pour but de compléter l'effet de la première, est appelée *puddlage.* Elle s'exécute dans des fourneaux à réverbère désignés par le nom de *puddling furnaces.*

Enfin, la troisième opération consiste à souder plusieurs barres de fer ensemble, et à les corroyer de manière à rendre la masse plus homogène et plus résistante. On se sert également de fourneaux à réverbère pour cette dernière opération : ils sont appelés en anglais *balling-furnaces* ou *mill-furnaces.*

Ces procédés, comme ceux de la fabrication de la fonte au moyen du coke, sont parvenus très-rapidement à l'état dans lequel ils se trouvent aujourd'hui, ainsi que le lecteur peut s'en convaincre en comparant notre travail au Mémoire de M. de Bonnard, qui a été inséré dans le *Journal des Mines*, tome XVII, p. 245, et dans lequel l'état des forges anglaises en 1802 se trouve décrit avec autant d'exactitude que de précision.

Fourneaux de finerie.

Pour rendre les dernières opérations de l'affinage plus faciles à saisir, nous les ferons précéder d'une description des fourneaux et des machines que l'on y emploie.

§ 44. *Fourneau d'affinerie ou finerie* (REFINERY FURNACE). La fonte qui provient du haut-fourneau est affinée dans des fourneaux appelés en anglais *refinery furnaces* ou *running out fires*, représentés *fig.* 10, 11 et 14, Pl. 14. Leur forme est analogue à celle de nos feux de mazage; ils sont composés d'un massif de maçonnerie en briques, qui peut avoir 9 pieds carrés : ce massif s'élève peu au-dessus de terre. Le creuset, placé au milieu, a 2 pieds ½ de profondeur; il est rectangulaire; ses dimensions sont en général de 3 pieds sur 2; son plus grand côté est parallèle à la face des tuyères; il est formé de quatre plaques de fonte. Le creuset porte, sur le devant, un trou, par lequel on peut faire couler le métal et les sco-

ries; au devant de ce trou, on pratique dans le sol une espèce de fossé, dans lequel se rend le métal, qui y prend la forme de plaques. Il y a un seul mur en briques du côté des tuyères. Sur les trois autres côtés, on place des portes en tôle pour empêcher l'air extérieur de refroidir le fourneau, qui est presque toujours placé sous une halle ou en plein air, mais jamais dans un endroit entouré de murs. La cheminée, qui peut avoir 15 à 18 pieds de hauteur, est soutenue par quatre piliers en fonte; elle ne commence qu'à 4 pieds au-dessus du niveau du foyer, afin que les ouvriers puissent travailler facilement.

Le nombre des tuyères est de deux ou de trois : elles sont placées à la hauteur du bord du creuset et espacées de manière à diviser sa longueur en parties égales; leur axe est incliné vers le fond sous un angle de 25 à 30°, de manière à plonger sur le bain de métal fondu qui se forme. Leur embrasure est garnie d'une plaque de fonte double, *fig.* 12 et 13, Pl. 14, dans laquelle on fait circuler de l'eau au moyen de tuyaux cylindriques ; elle est introduite par le tuyau *ab* et sort par le tuyau *cd* : c'est pour éviter que les tuyères ne brûlent qu'on emploie ce procédé.

On met ordinairement deux buses dans chaque tuyère, pour que le soufflage soit constant et uniforme; souvent aussi, dans le même but,

l'air qui provient de la machine soufflante est reçu d'abord dans un régulateur.

La quantité d'air lancée dans les fineries est considérable; elle est à-peu-près de 400 pieds anglais cubes (13 mèt. cubes) par minute, pour chaque finerie; c'est environ la huitième partie de la consommation d'air d'un haut-fourneau anglais.

§ 45. *Des fourneaux à réverbère pour le puddlage* (PUDDLING FURNACES). Ces fourneaux rentrent dans la classe de ceux qu'on appelle en France fourneaux à réverbère. La chaleur développée dans ces fourneaux étant très-grande, on divise l'épaisseur du massif en deux parties. Le revêtement extérieur peut être construit en briques communes ou en matériaux du pays; mais la paroi intérieure est nécessairement composée de briques réfractaires. L'épaisseur de cette paroi intérieure varie suivant la partie du fourneau à laquelle elle appartient; elle est généralement de deux briques. Quant à l'épaisseur du revêtement extérieur, elle varie beaucoup; lorsqu'il est en briques, il n'est ordinairement composé que d'un rang. Fournes puddl

Pour augmenter la résistance que ce fourneau doit opposer à l'action destructive de la dilatation produite par la chaleur, on l'arme en fer; quelquefois, comme dans les *fig.* 15 et 16, Pl. 14, cette armure est simplement composée de barres de fer horizontales et verticales, qui entrent les

unes dans les autres : ces barres sont arrêtées par des clavettes qui les empêchent de s'écarter. Le plus ordinairement, les fourneaux à réverbère sont revêtus de plaques de fonte sur toute leur surface, comme l'indique la *fig.* 2, Pl. 14 : elles sont retenues par des barres de fonte verticales appliquées sur les parois du fourneau, et par des barres de fer horizontales, qui sont placées au-dessus de la voûte.

Le fourneau est divisé intérieurement en trois parties distinctes, qui sont : *la chauffe*, *la sole* et *la cheminée*.

De la chauffe.

La *chauffe* varie de 3 pieds $\frac{1}{2}$ à 4 pieds $\frac{1}{2}$ de long sur 2 pieds 8 pouces à 3 pieds 4 pouces anglais de large. L'ouverture de la porte par laquelle on charge le charbon a 8 pouces en carré; elle est évasée vers l'extérieur du fourneau : l'embrasure de cette porte est entièrement en fonte. On y accumule ordinairement de la houille.

Les barreaux de la chauffe sont mobiles, afin qu'on puisse, en les écartant avec un ringard, faire tomber les escarbilles qui s'amassent entre eux, et nettoyer la chauffe après chaque opération. C'est également pour cette raison que le mur qui forme la naissance de la voûte ne descend pas entièrement jusqu'à la grille. Il existe un vide de 3 pouces, par lequel les ouvriers introduisent leur ringard, et pour qu'ils puis-

sent l'appuyer, on a placé à la hauteur de la grille une *marâtre* en fonte, qui présente des dentelures, et que, par ce motif, on appelle quelquefois peigne. Les barreaux reposent sur deux marâtres A, en fonte, qui ont de 3 à 4 pouces de côté; ils ont eux-mêmes de 3 à 4 lignes de côté.

Lorsque le fourneau est simple, on pratique sur le côté de la chauffe opposé à la porte un petit trou carré, par lequel on chauffe les ringards, et on bouche ce trou avec une brique. Lorsque les fourneaux sont accouplés, ce trou est placé à côté de la porte de la chauffe.

De la sole.

La *sole* est tantôt en briques, tantôt en fonte. Dans le premier cas, elle est composée de briques réfractaires placées de champ, et formant une espèce de voûte plate. Elle repose immédiatement sur un massif de maçonnerie plein ou voûté à sa partie inférieure.

Quand elle est en fonte, ce qui devient maintenant d'un usage presque général, elle peut être composée d'une seule pièce ou de plusieurs. Elle est plus ordinairement d'une seule pièce, ce qui a le désavantage d'obliger de reconstruire presqu'en entier le fourneau quand on veut la changer. Dans ce cas, elle est un peu creuse, comme dans la *fig.* 3, Pl. 14 : lorsqu'elle est de plusieurs pièces, elle est ordinairement plate.

Les soles en fonte reposent sur des piliers éga-

lement en fonte, au nombre de quatre ou cinq; ils sont supportés par des dés en fonte placés sur une assise en maçonnerie. Cette sole entre de 2 pouces dans les murs du fourneau, sur toute sa circonférence; et pour qu'elle soit maintenue plus solidement, on place un rang de briques en saillie, de manière à former une espèce de tasseau.

La longueur de la sole est ordinairement de 6 pieds; sa largeur varie de point en point. Sa plus grande largeur, qui est vis-à-vis la porte, est de 4 pieds. Dans le fourneau dont nous donnons le dessin, *fig.* 4, Pl. 14, et qui produit de bons résultats, la sole présente en outre, en cette partie, une espèce d'oreille qui entre dans l'embrasure de la porte; à sa naissance, vers la chauffe, elle a 2 pieds 10 pouces; elle en est séparée par un petit mur en briques (pont de la chauffe), qui a 10 pouces d'épaisseur, et s'élève de 3 pouces à 3 pouces $\frac{1}{2}$ au-dessus d'elle. A l'autre extrémité, sa largeur est de 2 pieds. La courbure que présentent les côtés de la sole n'est pas symétrique; quelquefois elle forme un avancement, comme on l'observe dans la *fig.* 4, *pl.* 14. Ordinairement elle est seulement un peu plus forte du côté de la porte que sur la face opposée. La flèche de l'arc est de 1 pied d'un côté et 8 pouces de l'autre; à l'extrémité de la sole la plus éloignée de la chauffe, il existe un renflement en briques de 2 pouces $\frac{1}{2}$

de hauteur, que l'on appelle *autel*, dont le but est d'empêcher le métal qui viendrait à fondre de couler vers le trou du floss. Au-delà de l'autel, la sole se termine par un plan incliné, qui aboutit au *floss*, ou trou du chio, issue par laquelle les scories coulent hors du fourneau : le floss est ordinairement presqu'au niveau de la sole. Il est pratiqué dans le massif de la cheminée. Afin que les scories ne se figent pas sur ce plan incliné, on force la flamme à passer dessus en abaissant l'ouverture de la cheminée. Il existe près de cette ouverture une plaque de fonte, sur laquelle on fait ordinairement un peu de feu pour entretenir les scories liquides. Ce feu a en même temps l'avantage de brûler les gaz qui s'échappent du fourneau, d'exciter le tirage, et d'échauffer cette partie de la sole très-éloignée du foyer : c'est au-dessus de cette plaque de fonte et au bas de ce plan incliné que les scories s'accumulent dans une petite cavité, d'où ensuite elles s'écoulent ; souvent elles s'y figent, et l'ouvrier les fait sortir avec le ringard.

Trou du floss.

La porte est une plaque de fonte garnie intérieurement de briques réfractaires; son épaisseur totale est de 3 pouces $\frac{1}{2}$, *fig.* 18, Pl. 14: elle présente à sa partie inférieure une ouverture rectangulaire de 4 à 5 pouces de côté, qui se ferme au moyen d'une brique, et par laquelle les ou-

vriers peuvent reconnaître l'état du fourneau, faire chauffer leurs ringards, et brasser le métal désagrégé ; la porte se soulève et se ferme au moyen d'un levier et d'un contre-poids, *fig.* 18, Pl. 14. Elle glisse dans l'embrasure en fonte, qui a 14 pouces de côté, et qui présente une coulisse, ainsi que la *fig.* 18 le fait voir.

De la cheminée. Le massif de la cheminée fait continuité avec le fourneau ; il est très-souvent supporté par quatre colonnes en fonte et des maratres placées horizontalement, comme l'indique la *fig.* 2. Les cheminées sont ordinairement entièrement verticales ; quelquefois cependant, dans certaines usines où l'on veut profiter de la chaleur pour chauffer des chaudières de machine à vapeur, on en fait une partie horizontale. Excepté ces cas, il est préférable de faire les cheminées verticales ; elles tiennent moins de place et elles coûtent moins à construire.

Souvent pour rendre la construction plus économique, on accole deux fourneaux et on réunit leurs cheminées ensemble ; mais comme le tirage n'est pas le même et que souvent l'opération du puddlage n'est pas au même point dans les deux fourneaux, on conserve les deux tuyaux de cheminée isolés et séparés entre eux par un mur composé d'un ou de deux rangs de briques réfractaires. Quelquefois aussi on laisse les chemi-

nées des deux fourneaux accolés entièrement indépendantes l'une de l'autre et dans deux massifs isolés.

L'extérieur des cheminées, *fig.* 15, Pl. 14, est construit en briques communes, tandis que l'intérieur est formé d'un rang de briques réfractaires non liées avec les premières. Par ce moyen, on peut réparer l'intérieur des cheminées à volonté sans démonter l'extérieur.

La largeur intérieure de la cheminée est de 14 à 16 pouces : elle est carrée ou rectangulaire. Sa hauteur varie de 40 à 45 pieds ; elle porte à sa partie supérieure une plaque en fer ou registre (en anglais *damper*), que l'on peut ouvrir ou fermer au moyen d'un levier, de manière à régler le tirage.

Lorsque les cheminées sont horizontales, on leur donne intérieurement les mêmes dimensions : leur partie supérieure est voûtée. Les briques qui forment la voûte sont réunies par un lien en fer.

Lorsqu'il y a deux fourneaux accolés, l'axe de la cheminée commune est placé sur leur ligne de séparation, de façon qu'il faut deux tuyaux inclinés, qui conduisent la fumée de chaque fourneau dans la cheminée. Dans ce cas, le floss est séparé de la cheminée, et placé, comme à l'ordinaire, sur le prolongement de l'axe du fourneau.

Le petit tuyau incliné, qui met la cheminée en communication avec le fourneau, n'a que 8 à 10 pouces de vide intérieur : sa surface de réunion avec le corps de la cheminée est évasée; les ouvriers assurent que lorsque ces deux parties sont à angle droit, le tirage est beaucoup moins bon.

La sole du fourneau est élevée de 3 pieds au-dessus du sol. La voûte, qui n'a que l'épaisseur d'une brique, est élevée de 2 pieds au-dessus du pont de la chauffe, et au-dessus du niveau de la sole pris au milieu du fourneau. A son point extrême, près de la cheminée, son élévation n'est que de 8 pouces; cette hauteur est aussi celle de l'ouverture de la cheminée.

Sole en sable. Dans la plupart des usines, la sole est recouverte d'une couche de sable réfractaire de pouces ½ à 3 pouces d'épaisseur, que l'on bat légèrement avec une pelle. A chaque opération une partie du sable est entraînée, on en remet dans les parties qui présentent des cavités.

Sole en scories. Depuis quelques années, on a commencé à substituer au sable des scories pilées; cette substitution donne, assure-t-on, une assez grande économie de fer et de combustible. Quant à l'économie en fer, elle est évidente; les scories que l'on emploie, étant déjà saturées d'oxide de fer, elles ne peuvent plus en dissoudre. D'un autre côté on peut mettre en question si ce procédé peut

toujours être employé avec avantage, attendu que les verres terreux que fournit la sole accélèrent peut-être l'affinage en absorbant de l'oxide de fer et en dissolvant en partie avec cet oxide les matières impures qui donnent au fer des qualités nuisibles. Cependant, M. Chaper a vu, en 1826, l'usage des scories, pour la confection des soles des fourneaux à puddler, introduit dans un grand nombre d'usines; les ouvriers lui ont dit qu'entre autres avantages elles ont celui de donner un fer moins pailleux, les grains du sable auquel on les substitue étant sujets à s'introduire et à rester dans le fer dans lequel ils produisent des solutions de continuité.

Lorsqu'on recouvre la sole d'une couche de scories, on se sert de préférence de celles de chaufferies, comme les plus pures : on les pile de manière qu'elles soient réduites en gros sable; on les tasse un peu sur la sole en les frappant avec une pelle.

Il existe quelques usines où l'on affine sur la sole en fonte sans faire une couche de scories; on en jette seulement quelques pelletées au moment de charger. Cette méthode a l'inconvénient d'altérer très-facilement la sole.

Depuis quelques années, on a établi en France des forges à l'anglaise à des distances assez éloignées des mines de houille; et le prix de ce com-

bustible a fait chercher des moyens de l'économi-
ser. Nous avons vu des fourneaux construits dans
ce but, dans lesquels on chauffait le fine-metal e
même temps que l'on puddlait. D'après des ren-
seignemens que quelques maîtres de forges o
eu la bonté de nous communiquer, il para
qu'on économise par ce moyen une petite quan-
tité de combustible (40 à 45 kilogr. sur 350),
qu'on peut affiner une plus grande quantité
fonte dans le même temps; on fait cinq opéra-
tions au lieu de quatre. Ces fourneaux sont d
deux espèces.

Des fourneaux où l'on chauffe le fine-metal.

Dans les uns, on élève de quelques pouces l'ex-
trémité du fourneau la plus éloignée de la chau-
fe, et on y pratique une espèce de large aute
sur lequel on place le fine-metal, au moye
d'une porte située en face; il s'échauffe par
courant d'air chaud qui se rend dans la ch
minée. Quand l'opération du puddlage est termi-
née, on amène le fine-metal déjà rouge s
la partie inférieure de la sole. On est obligé d
faire une seconde voûte au-dessus de l'autel. C
fourneaux sont généralement peu employés.

Dans le plus grand nombre des cas, on allong
seulement le fourneau de 18 pouces à 2 pied
et on pratique une porte à l'extrémité opposée
la chauffe, pour introduire le fine-metal sur
sole. Cet allongement ne paraît avoir d'autre i

convénient que de refroidir un peu l'extrémité du fourneau et d'empêcher les scories de couler. Pour y remédier, on entretient constamment du feu près de l'ouverture placée dans le massif du fourneau.

Nous connaissons un fourneau de cette nature, ayant une sole de 9 pieds de long, sur laquelle on affine à-la-fois 600 livres de fonte; il paraît donner des résultats avantageux.

§ 46. *Des fourneaux à réchauffer.* (REHEATING FURNACES, BALLING FURNACES, OU MILL-FURNACES.) Les fourneaux à réverbère employés pour réchauffer le fer brut produit par les fourneaux à puddler sont analogues à ceux-ci; leurs dimensions sont seulement différentes. Leur largeur est plus grande sur-tout sur le devant, où on leur donne une courbure. La sole des fourneaux à réchauffer est généralement formée d'une voûte plate, en briques, recouverte d'une couche d'un pouce à 1 pouce $\frac{1}{2}$ de sable. Nous en avons cependant vu quelques-uns dont la sole était en fonte. Nous avons représenté une de ces soles, *fig.* 20, Pl. 14. Souvent on donne à la sole de ces fourneaux une légère pente vers le trou du floss, afin de faciliter l'écoulement des scories, qui sont encore assez nombreuses, sur-tout quand on chauffe les pièces obtenues par le forgeage des balles ou loupes.

Des fourneaux à réchauffer

Une partie du sable de la sole se combinant

avec l'oxide de fer et passant en scories, on ajoute, toutes les deux ou trois opérations, du sable dans les parties où la sole ne présente pas assez d'épaisseur.

§ 47. (*Machines d'une forge à l'anglaise.*) En Angleterre, on se sert, pour le forgeage et l'étirage du fer, de marteaux en fonte d'un grand poids, de cylindres de différentes dimensions, destinés à cingler les loupes et à étirer le fer en barres, et de cisailles. Ces différens mécanismes sont mus soit par une machine à vapeur comme dans le Staffordshire et dans presque tous les autres comtés de l'Angleterre, soit par des roues hydrauliques quand les localités le permettent, comme dans plusieurs usines du sud du pays de Galles.

Nous allons donner quelques détails sur ces différens mécanismes, sans nous occuper du moteur qui les met en jeu.

Disposition générale du mécanisme.

Ordinairement l'arbre du moteur porte à droite et à gauche, comme le représente le plan général, *fig.* 8, Pl. 15, une grande roue dentée, qui communique le mouvement aux différens mécanismes par des roues dentées plus petites. Nous supposerons, comme c'est le cas assez habituel, qu'il existe six de ces roues dentées, quatre mettant en mouvement des systèmes différens de cylindres, et les deux autres faisant marcher les cisailles et le marteau. Les cylindres employés dans une usine ne

sont jamais placés tous sur le même arbre, parce qu'ils ne doivent pas marcher tous à-la-fois, et qu'ils doivent avoir des vitesses différentes, suivant leur diamètre. On a soin, pour économiser le temps et faciliter le travail, de réunir, d'un côté de la machine motrice, le marteau, les cisailles et les cylindres dégrossisseurs, tandis que de l'autre on place les différens systèmes de cylindres destinés à étirer le fer en barres. Par la même raison, les fourneaux à puddler doivent être groupés du côté du marteau, tandis que ceux à réchauffer seront disposés dans l'autre partie de l'usine.

Des marteaux.

§ 48. Les marteaux, *fig.* 1 et 6, Pl. 15, sont entièrement en fonte ; ils ont à-peu-près 10 pieds de long et se composent ordinairement de deux parties, le manche et la tête ou panne. Cette dernière entre à frottement dans le manche, elle y est retenue par des coins en fer et en bois. La panne se compose de plusieurs plans en retraite les uns sur les autres, comme on le voit dans la *fig.* 3. Ces différens plans sont destinés à donner des formes différentes à la loupe.

Le manche du marteau porte deux oreilles en partie cylindriques, qui lui servent de tourillons : elles tournent sur des crapaudines en cuivre encastrées dans des pièces en fonte. Deux trépieds en fonte, reliés à leur partie inférieure par des pièces en fonte horizontales, le tout coulé

souvent d'une seule pièce, forment le support du marteau.

Des cames. Un anneau de fonte appelé *came-ring-bag*, et qui porte des cames mobiles, fait mouvoir le marteau, qui est à soulèvement. Dans une usine que nous avons pu visiter avec détail, le diamètre de cet anneau était de 3 pieds, et son épaisseur de 18 pouces ; le poids de cette pièce était de 4,000 kilogrammes.

Le poids du manche du marteau était de 3,500 kilogrammes, et celui de la tête ou panne de 400 kilogrammes.

De l'enclume. § 49. L'enclume est également composée de deux parties : l'une, appelée panne de l'enclume, est la contre-partie de la panne du marteau ; elle pèse également 400 kilogrammes.

La seconde, désignée par le nom de souche de l'enclume, pèse 4,000 kilogrammes. Sa forme est celle d'un parallélipipède dont les arêtes sont arrondies. Comme le poids de toutes ces pièces est très-grand et que les chocs sont considérables, on ne saurait prendre trop de précautions dans l'établissement du marteau et de son enclume. Ordinairement on établit une forte maçonnerie, *fig.* 1, Pl. 15, sur laquelle on place un grillage en bois double ou même quadruple, formé de poutres placées les unes à côté des autres. Ces poutres font ressort et détruisent une partie de l'effort que produit le choc. Elles fatiguent beaucoup; nous en

avons vu retirer après six mois de service qui étaient réduites en fibres isolées. Pour parer à cet inconvénient, on a placé, en réparant le grillage, une plaque de fonte de 6 pieds en carré entre la souche de l'enclume et le grillage.

§ 50. Les cisailles sont composées de deux branches, l'une fixe et l'autre mobile, chacune formée de deux pièces. Des cisailles.

La branche fixe est une plaque de fonte qui fait corps avec un plateau horizontal fixé à une pièce de bois ou de fonte faisant partie du sol. Un ciseau acéré, *fig.* 9, Pl. 15, est fixé à sa partie supérieure par des vis et des écrous.

La branche mobile est également en fonte ; elle porte un axe autour duquel elle tourne et qui entre dans la partie fixe; elle est aussi armée d'un ciseau acéré, arrêté par des vis et des écrous. Un excentrique ou une ellipse, mu immédiatement par une roue dentée, soulève la branche mobile et la force à couper les barres de fer qu'on lui présente. La pression que ces cisailles éprouvent est telle, qu'elles coupent sans secousse des barres de fer de 6 ou 8 lignes d'épaisseur.

§ 51. *Des cylindres*. Il y a trente-cinq à quarante ans, on n'employait en Angleterre que des marteuax et des martinets pour forger et étirer le fer. Vers cette époque, Ehaseldeen, mécanicien dans le Shropshire, imagina de substituer Des cylindres.

la pression des cylindres à la percussion des marteaux. Depuis ce temps, ceux-ci, complétement abandonnés dans beaucoup d'usines, ne sont plus employés, dans celles où il en existe encore, que pour réunir les loupes; et l'étirage entre les cylindres opère en peu de secondes, ce qu'on ne faisait autrefois qu'après plusieurs chaudes réitérées. Ce procédé a produit une économie considérable dans la main-d'œuvre, et a permis de fabriquer une beaucoup plus grande quantité de fer, à cause de sa prodigieuse rapidité. Ainsi autrefois une affinerie, marchant avec un marteau, produisait à peine 10 milliers de fer en barres par semaine, tandis qu'aujourd'hui une affinerie de moyenne grandeur, travaillant avec des cylindres, en produit 150 dans le même temps, sans autre moteur qu'une machine à vapeur de trente chevaux.

On peut distinguer en deux espèces les cylindres employés dans une forge anglaise.

1°. Ceux qui servent à étirer la loupe, appelés en anglais *puddling-rolls* ou *roughing-rolls*, et que nous désignons sous le nom de cylindres dégrossisseurs, et qui le sont dans quelques nouvelles usines de France, sous celui d'*espatards*.

Les seconds sont les cylindres étireurs, appelés en anglais *rollers*, destinés à étirer en barres le fer massiau ou fer brut, après qu'on lui a fait éprouver un soudage pour le rendre plus malléa-

ble. Cette seconde espèce de cylindres se sous-divise en plusieurs, suivant les échantillons de fer qu'on veut obtenir. Ces échantillons varient ordinairement depuis 24 lignes carrées jusqu'à moins de 2 lignes. Nous indiquerons les proportions de ces différens cylindres.

Au-dessous des cylindres, on est dans l'habitude de pratiquer un fossé longitudinal, dans lequel tombent les scories et les battitures lorsqu'on comprime le fer. Les parois de ce fossé, construites en pierre, sont établies sur un massif de maçonnerie solide et capable de supporter la masse énorme des cylindres. Des poutres forment en partie les côtés de ce fossé, afin qu'on puisse assujettir les cylindres en les y réunissant au moyen de vis et d'écrous. Ces poutres sont souvent remplacées par des pièces de fonte, ce qui est préférable, non-seulement parce que les montans ou fermes y sont fixés plus solidement, mais parce que ces pièces de fonte, à raison de leur poids, sont plus difficiles à ébranler, ce qui arrive souvent quand les cylindres sont montés sur des pièces de bois. **Dispositions générales.**

Un tuyau amène sur chaque paire de cylindres un petit filet d'eau, pour empêcher qu'ils ne s'échauffent trop. Cette eau paraît avoir également pour but de prévenir l'adhérence du fer au cylindre en refroidissant sa surface et peut-être en y produisant une légère oxidation.

Les cylindres sont mis en mouvement par des arbres qui sont à-la-fois dans le prolongement de l'axe des cylindres et dans celui de la roue dentée qui doit faire mouvoir le système. Ces arbres ont 1 pied de diamètre pour le marteau et les cylindres dégrossisseurs, et 6 pouces lorsqu'ils communiquent le mouvement aux cylindres destinés à étirer le fer en barres. Comme le plus ordinairement tous ces mécanismes ne marchent pas ensemble, pour diminuer la résistance et en même temps pour ménager les mécanismes, on fait les arbres de deux pièces, qui peuvent s'engrener ou se désengrener à volonté. Ces deux pièces portent chacune un manchon, qui est armé de dents taillées angulairement, *fig.* 4 et 7, Pl. 16. L'un de ces manchons glisse sur l'axe, lequel est taillé suivant une figure qui présente quatre angles rentrans et quatre angles saillans, *fig.* 3, Pl. 16, afin que le manchon l'entraîne en tournant.

Les arbres qui transmettent le mouvement ont souvent une grande longueur. Ils sont supportés par des coussinets placés de distance en distance. Le coussinet proprement dit est en cuivre jaune emboîté dans une pièce de fonte. Le tout est fixé sur une pièce de charpente ou de fonte avec des boulons et des écrous, ainsi que le représentent les *fig.* 1, 4 et 5, Pl. 16.

Les cylindres sont toujours montés dans des

châssis en fonte, appelés *fermes* ou *cages*, qui varient de dimensions suivant les diamètres des cylindres. Nous les décrirons plus bas.

§ 52. Les cylindres *dégrossisseurs* ou *ébaucheurs* (*roughing rolls*) sont destinés, soit à cingler immédiatement la loupe ou balle, quand on la retire des fourneaux à puddler, comme dans les usines du pays de Galles, soit seulement à étirer la pièce, lorsqu'on a commencé à forger au marteau, comme c'est d'usage dans la plupart des usines du Staffordshire et dans les forges à l'anglaise récemment établies en France. **Des cylindres dégrossisseurs ou ébaucheurs.**

Les cylindres dégrossisseurs dont nous avons pu mesurer les dimensions avaient généralement 7 pieds de longueur, y compris les tourillons, ou cinq pieds de table, et 18 pouces de diamètre, et pesaient ensemble 4,000 à 4,500 kilogrammes. Ils portent des cannelures en général elliptiques au nombre de cinq à sept, dont la grandeur diminue progressivement. Le petit axe de chaque ellipse, qui est toujours placé dans le sens vertical, est égal au grand axe ou à l'axe horizontal de la cannelure suivante, de sorte qu'en changeant de cannelure on est obligé de faire faire un quart de révolution à la barre, ce qui fait que le fer s'allonge dans tous les sens; quelquefois, comme dans la *fig.* 1, Pl. 16, les cylindres ébaucheurs servent en même temps de cylindres pré-

parateurs, et alors ils portent des cannelures de deux sortes : les unes, elliptiques, sont destinées à donner à la balle une forme ovoïde plus ou moins allongée; les autres sont rectangulaires. Plusieurs des cannelures sont hérissées de petites aspérités analogues aux dents d'une lime, destinées à mordre sur la loupe pour l'empêcher de glisser. Les premières cannelures rectangulaires présentent aussi cette disposition, qui est générale à toutes les premières cannelures des différens systèmes de cylindres.

A la hauteur du fond des cannelures du cylindre inférieur existe une plaque de fonte, *fig.* 8, Pl. 16, qui présente des découpures en rapport avec les cannelures des cylindres. Cette pièce, appelée *tablier*, est soutenue par des tiges de fer. Elle sert à appuyer la loupe et les barres de fer qu'on veut soumettre à l'action des cylindres, et à retenir les fragmens de fer mal soudés qui tombent pendant l'étirage.

L'un des cylindres, ordinairement l'inférieur, reçoit directement le mouvement du moteur par l'intermédiaire d'un arbre tournant; il le communique au cylindre supérieur par des pignons, ainsi qu'on le voit *fig.* 1 et 4, Pl. 16. Ce cylindre inférieur tourne donc en sens contraire du supérieur. Les châssis ou *fermes* de fonte (*housing frames*), dans lesquels nous avons dit que les cylindres

étaient maintenus, offrent une grande résistance; la projection verticale, *fig.* 2, Pl. 16, en montre la forme. Leur hauteur est de 5 pieds; leur épaisseur est d'un pied dans le sens perpendiculaire à l'axe des cylindres, et de 10 pouces dans l'autre. Ces fermes sont reliées dans leur partie supérieure par deux tringles en fer, sur lesquelles les ouvriers appuient leurs tenailles pour passer la loupe ou la barre de fer d'un côté des cylindres à l'autre.

Les coussinets se composent chacun de deux pièces : l'une en cuivre jaune, qui présente une échancrure cylindrique, est enchâssée dans l'autre, qui est de fonte. Le coussinet inférieur entre dans une échancrure faite en escalier, *fig.* 2, Pl. 16, et il porte en outre une oreille saillante, pour qu'il ne puisse pas remonter. Sur le cylindre supérieur, s'appuie une pièce plate, qui forme le coussinet supérieur; c'est sur cette pièce que pressent les vis de pression destinées à limiter à volonté l'écartement des cylindres. Ces vis sont à filets carrés; elles ont 4 pouces de diamètre, y compris le pas de la vis; les filets ont six lignes d'épaisseur.

Des cylindres préparateurs

§ 53. Lorsque les cylindres ébaucheurs ne présentent que des cannelures elliptiques, la loupe, en en sortant, est portée sous des cylindres appelés *préparateurs*, dont les cannelures sont rectangulaires, de manière à donner à la barre

une forme aplatie. Ces cylindres ont encore de grandes dimensions, à-peu-près semblables à celles des premiers. Dans les usines où la loupe est d'abord forgée sous le marteau, on a la coutume de réunir sur un seul corps les cannelures des cylindres ébaucheurs et préparateurs. La barre de fer qui sort de dessous ces cylindres est portée sous la cisaille, pour y être coupée en petites barres, qui sont ensuite réunies en trousses, pour être soudées plusieurs ensemble.

Des cylindres étireurs.

§ 54. Lorsque la trousse est assez chaude, on la porte sous les cylindres *étireurs* (*rollers*). Leur disposition diffère suivant qu'ils sont destinés à étirer du fer de grand ou de petit échantillon.

Les premiers, *fig.* 4, Pl. 16, présentent des cannelures elliptiques et des cannelures rectangulaires; ils ont environ 1 pied de diamètre et 3 pieds de table. La longueur, y compris l'épaisseur des fermes, est de 4 pieds ½. Les premières cannelures sont hérissées d'aspérités, comme dans les cylindres ébaucheurs. On ne termine pas la barre de fer sous ces cylindres; on la porte à une autre paire, dont les cannelures ont les dimensions que l'on désire donner à la barre. Les cannelures sont rondes, triangulaires ou rectangulaires, suivant qu'on veut obtenir du fer rond, carré ou méplat. Les cannelures triangulaires, dont on se sert pour le fer carré, ont pour profil un triangle isocèle légèrement obtus, de manière que le vide laissé par

les deux cannelures soit un losange peu différent d'un carré, et dont la petite diagonale soit verticale. Lorsque la barre à étirer doit passer consécutivement dans plusieurs cannelures de cette espèce, on fait en sorte que la grande diagonale, ou la diagonale horizontale, du vide de chaque cannelure soit égale à la diagonale verticale du vide de la précédente, ce qui oblige à faire faire un quart de révolution à la barre quand on passe d'une cannelure à une autre, et procure l'avantage de corroyer successivement le fer dans des sens diamétralement opposés. Les cannelures rectangulaires, dont on se sert aussi pour le fer carré, ont une profondeur un peu moins grande que la moitié de leur largeur, de manière que le vide présenté par les deux cannelures opposées soit un rectangle peu éloigné d'un carré, et dont la plus grande dimension soit horizontale. On fait passer le fer successivement dans des cannelures triangulaires et rectangulaires pour qu'il soit corroyé dans tous les sens.

Le vide que présentent les cannelures ne doit pas décroître trop rapidement, parce que le fer serait mal étiré et que les cylindres éprouveraient une trop grande résistance; on est dans l'habitude de le faire décroître suivant une proportion, dont le rapport est de 15 à 11.

Quand les cylindres sont destinés à amener le fer à un petit échantillon, ils ont un diamètre qui

permet d'en mettre trois dans une même ferme, comme l'indique la *fig.* 5, Pl. 16. Le cylindre inférieur et celui du milieu sont employés comme dégrossisseurs, tandis qu'on étire les barres entre le cylindre du milieu et le supérieur.

Lorsqu'on veut étirer du fer présentant une rainure ou gouttière, les cannelures du cylindre ont la forme indiquée *fig.* 9, Pl. 16.

Des fenderies.

§ 55. Pour étirer du fer carré d'un très-petit échantillon, comme pour faire des clous, espèce de fer qui est désignée en France sous le nom de *carillon*, on se sert d'un système de petits cylindres, connu sous le nom de *fenderie*. Leurs rainures sont acérées et entrent l'une dans l'autre de 2 pouces $\frac{1}{2}$; la barre de fer qu'on y présente est divisée instantanément en plusieurs tiges. Les cylindres, ainsi que le représente la *fig.* 10, Pl. 15, peuvent être enlevés de dessus l'arbre pour en substituer d'un autre échantillon. Ils y sont fixés par des tringles de fer *a b*, qui sont ordinairement réunies par une vis et un écrou.

Dimensions et poids des différens cylindres.

§ 56. Les divers cylindres dont nous avons parlé ont des diamètres différens, suivant l'échantillon du fer qu'on veut fabriquer; dans une des usines que nous avons visitées, les cylindres ont les dimensions suivantes :

Pour étirer du fer en barres carrées ou rondes de 8 lignes carrées de coupe et au-dessous, les cylindres ont 8 pouces de diamètre et 3 pieds de

table. Les cannelures occupent la moitié de la surface des cylindres. Le poids des deux cylindres est de 360 à 400 kil. avant qu'on les ait tournés.

Pour du fer carré, rond ou méplat, de 8 à 24 lignes carrées de coupe, les cylindres ont 15 pouces de diamètre et 4 pieds ½ de table. Le poids des cylindres est de 210 à 1,900 kilog.

Pour les fers au-dessus de 24 lignes, les cylindres ont 6 pieds de long et 18 pouces de diamètre. Ils pèsent 3,300 à 3,700 kilogrammes.

Pour les fenderies, les cylindres ont 1 pied de long et de 13 à 14 pouces de diamètre.

Lorsque le fer a moins de 2 lignes d'épaisseur, il devient fer *feuillard*. Il ne peut plus être étiré avec des cylindres cannelés; on emploie alors des laminoirs.

§ 57. La vitesse des cylindres que l'on emploie varie avec leurs dimensions. Nous avons vu une usine où les cylindres destinés au fer de 4 à 8 lignes faisaient cent quarante tours par minute, tandis que ceux où l'on étirait du fer de 8 à 36 lignes n'en faisaient que soixante-quinze.

De la vitesse des cylindres.

Dans une autre usine, les cylindres pour le fer de 24 lignes faisaient quatre-vingt-cinq tours par minute, tandis que ceux destinés à l'étirage du fer de 8 à 16 lignes en faisaient cent vingt-huit, et ceux de 4 à 8 lignes cent cinquante.

Les cylindres dégrossisseurs ont encore une

moindre vitesse que ceux destinés au fer de 24 lignes : on calcule qu'elle ne doit être que du tiers de celle des cylindres étireurs.

Machine à percer des trous.

§ 58. Très-souvent dans les usines à fer, on est obligé de percer des trous uniformes dans des plaques de fer assez épaisses. Nous joignons ici la description de l'instrument dont on se sert pour cet usage, quoiqu'il ne soit utile que pour certains emplois particuliers du fer et non à la fabrication du fer en général dont nous nous occupons ici : cet instrument est une espèce d'emporte-pièce : il est composé d'une tige coudée AB, *fig.* 4 et 5, Pl. 15, qui porte à son extrémité inférieure un cylindre acéré, qui correspond à un trou pratiqué dans un tas en fonte placé en dessous. Un excentrique soulève le levier coudé, et force le cylindre acéré à entrer dans la plaque de tôle qui lui est présentée.

De l'affinage de la fonte.

§ 59. La fonte, comme nous l'avons indiqué, subit trois opérations pour être amenée à l'état de fer malléable.

On emploie pour la première, qui donne le *fine-metal* et qui est *l'affinage* proprement dit, les fourneaux *de finerie* que nous avons décrits § 44.

Affinage de la fonte.

Pour l'exécuter, on remplit le creuset de coke ; puis on place horizontalement sur le creuset six

barres (*pigs*) de fonte à affiner; savoir, quatre parallèlement aux quatre côtés et deux par-dessus au milieu; on recouvre le tout d'un amas de coke en dôme; on met le feu, et au bout d'un quart d'heure, quand le feu s'est communiqué par-tout, on donne le vent. La fonte coule peu à peu, et se réunit dans le creuset. A mesure que le coke brûle, on en ajoute d'autre. Cette opération marche seule: on ne brasse pas le métal fondu, comme cela se pratique dans quelques affinages, et on tient la température assez haute, de manière que la fonte soit toujours en fusion. Pendant cette opération, on voit continuellement les charbons se soulever, mouvement qui est dû en partie à l'action du vent et en partie à un boursoufflement qu'éprouve la fonte en fusion par le dégagement du gaz oxide de carbone. Lorsque toute la fonte est réunie au fond du creuset, ce qui a lieu ordinairement au bout de deux heures ou deux heures et demie, on ouvre la percée, et le *fine-metal* coule avec les scories, dans une fosse qu'on a eu soin d'arroser avec de l'eau tenant de l'argile en suspension. Cette eau, en s'évaporant, laisse un léger résidu qui empêche le *fine-metal* d'adhérer au fond de la fosse. Le *fine-metal* forme une plaque de 10 pieds de long sur 3 de large et de 2 pouces à 2 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur. Une partie des scories forme une petite croûte à la surface du métal; mais la plus grande partie se réunit dans

un bassin pratiqué au bas de la fosse, dans laquelle le *fine-metal* se moule.

On jette une grande quantité d'eau sur le *fine-metal*, dans le but de le rendre cassant, et peut-être de l'oxider en partie : ce métal, refroidi promptement, est très-blanc, et présente en général une cassure fibreuse et rayonnée; souvent il a un tissu cellulaire présentant une quantité assez considérable de petites cavités sphériques; mais il ne prend pas cette structure dans toutes les usines. Nous avons vu une usine, dans le pays de Galles (celle de Plymouth-Works), où le fine-metal était aussi cellulaire qu'une roche amygdaloïde décomposée. Cette texture paraît être constante dans cet établissement. Cependant l'opération que nous y avons vu exécuter ne nous a pas présenté de différence avec celle qu'on pratique dans les autres usines.

Les scories sont noires, un peu métalloïdes, souvent fibreuses et cristallines, beaucoup moins cependant que celles qui proviennent des opérations postérieures. Ces scories sont produites seulement par celles que contenait la fonte qu'on a soumise à cette opération, et par la scorification des terres qui entrent dans la composition de la houille. Quelquefois, quand la fonte est de mauvaise qualité, on fait une légère addition de calcaire.

Une scorie provenant d finerie des environs



de Dudley, analysée par M. Berthier, a donné pour résultat :

Silice.	0,276
Protoxide de fer. . .	0,612
Alumine.	0,040
Acide phosphorique.	0,072
	1,000.

On remarquera d'abord que ces scories ont beaucoup d'analogie par leur composition avec les scories de forges ordinaires; mais ce qu'elles présentent sur-tout de remarquable c'est l'existence de l'acide phosphorique en proportion considérable, circonstance qui avait été révoquée en doute par quelques personnes, et notamment par M. Jefstroem de Fahlun. Cette analyse fait voir combien est utile, sur-tout pour le traitement des minerais phosphoreux, comme le sont généralement ceux des houillères, cette opération, dans laquelle la fusion est complète.

La charge varie de 1,250 à 1,500 kilogrammes de fonte.

La perte dans cette opération est de 12 à 17 pour 100. Dans le Staffordshire, on estime que 112 livres de fonte donnent 100 de *fine-metal*, et, dans le pays de Galles, on évalue que 117 de fonte donnent 100 de *fine-metal*.

Le *fine-metal* est cassé en fragmens, puis en-

voyé au fourneau à puddler après que le produit de chaque opération a été pesé.

La quantité de houille consommée dans l'opération du fine-metal est de 200 à 250 kilogrammes pour 1015 kilogrammes de fonte.

La durée de chaque affinage varie de deux à trois heures; en supposant qu'on soumette à chaque opération 1500 kilogr., on affinera 10,000 kilogr. de fonte par vingt-quatre heures, quantité un peu plus grande que celle produite par un haut-fourneau; mais comme les fineries ne sont pas en activité le dimanche, et qu'il y a en outre d'autres causes de suspension de travail, il s'ensuit que l'on est dans l'habitude de construire autant de fineries que de hauts-fourneaux.

En passant à l'état de fine-metal, la fonte a perdu une partie de son carbone; celui qui est resté paraît être combiné avec le fer, comme on suppose que cela a lieu dans les fontes blanches. Cette opération, entièrement analogue au *mazage* exécuté dans le Nivernais, paraît donc avoir pour but de changer l'état de combinaison de la fonte, en même temps que de séparer les substances qui communiquent des défauts au fer.

Quels que soient les soins qu'on apporte dans cette opération, le fer qui en résulte n'est pas aussi bon que lorsque cet affinage a été exécuté au charbon de bois; la différence est telle que dans

les usines où l'on fabrique la tôle pour le fer-blanc, on substitue au coke le charbon de bois, ainsi que cela se pratique dans une des usines du pays de Galles. Quelquefois cet affinage au charbon de bois s'exécute comme en France, d'autres fois au contraire on emploie le procédé suivant.

Affinage au bois.

§ 60. La fonte en saumons est placée sur des barres de fer disposées au-dessus d'un feu d'affinerie. Lorsque les saumons sont rouges, on les fait tomber successivement dans le feu d'affinerie pour les fondre avec lenteur. La fonte, en s'affinant par la fusion, reprend bientôt de la cohérence; on en enlève alors des lopins, que l'on porte sous le marteau, et que l'on aplatit sous la forme de gâteaux minces. La tuyère est fortement inclinée vers le fond du creuset : on se sert de charbon de bois taillis.

L'affinage des gâteaux s'achève de deux manières, soit dans des foyers de chaufferie, soit, plus généralement, dans des fours à réverbère ordinaires, chauffés par de la houille.

Puddlage du fine-metal.

§ 61. Le fine-metal obtenu dans l'affinage précédent pourrait être comparé à la fonte blanche qu'on obtient directement de certains hauts-fourneaux : il en a les caractères extérieurs, et l'on peut dire qu'il présente les mêmes propriétés. Comme elle, il est fusible assez facilement, il est

la fluidité du métal n'augmente. L'ouvrier ferme alors le registre, enlève une partie du feu et des barres de fer qui forment la grille de la chauffe; il jette, en outre, souvent un peu d'eau sur le métal désagrégé; cette eau ne nous paraît pas avoir seulement pour but d'abaisser la température du fourneau, elle exerce aussi une action chimique sur la fonte, qu'elle oxide en partie : cette addition d'eau n'est pas générale, et si elle a l'avantage d'aider à la décarbonisation du fer, elle occasionne aussi une perte en fer, qui passe à l'état d'oxide dans les scories.

La température du fourneau est alors arrivée à son point le plus bas. L'ouvrier remue continuellement avec sa spadelle le métal désagrégé, qui se boursoufle et laisse dégager une quantité considérable d'oxide de carbone, qui brûle avec une flamme bleue, de façon que le bain paraît enflammé. Le métal s'affine peu à peu, et devient moins fusible; il commence, suivant l'expression des ouvriers, à se SÉCHER (*to dry*). Le dégagement d'oxide de carbone diminue; enfin, il cesse entièrement. Les ouvriers continuent toujours à brasser le métal jusqu'à ce que toute la charge soit réduite à l'état de sable sans cohésion : alors, on replace les barres du foyer, on rétablit le feu, et on ouvre le registre peu à peu. La chaleur augmente graduellement, les grains de fer deviennent

d'un rouge blanc; leur température est alors assez élevée pour qu'ils commencent à s'agglutiner; la charge devient plus difficile à soulever, ce que les ouvriers désignent par l'expresssion *work heavy*. A ce moment de l'opération, dans quelques usines du pays de Galles, nous avons vu les ouvriers ajouter une petite quantité de chaux, ils nous ont dit que c'était pour empêcher le métal de couler. Dans le Staffordshire on ne fait aucune addition. L'affinage est alors terminé, il ne reste plus qu'à réunir le fer et à en former des balles ou loupes. Pour cela, le fondeur, avec sa spadelle, prend un noyau de métal, il le fait rouler sur la surface du fourneau, de manière à ramasser d'autre métal, et à former une *balle* ou loupe du poids de 60 à 70 livres. Avec une espèce de ringard, appelé en anglais *dolly*, et qu'il a fait chauffer auparavant, l'ouvrier place cette balle de fer sur le côté du fourneau qui est le plus exposé à l'action de la chaleur, afin que les différentes parties puissent se réunir, et il les comprime pour faire sortir les scories.

Quand toutes les balles sont faites, ce qui dure à-peu-près vingt minutes, on ferme avec une brique la petite ouverture de la porte du travail pour les amener à une haute température et faciliter le soudage; quand on juge qu'elles ont acquis la température convenable, on soulève la

porte, et on prend successivement chaque balle, soit avec une tenaille, si la compression a lieu au moyen de cylindres, comme dans le pays de Galles, soit en la soudant à une barre de fer chauffée au rouge, si on se sert du marteau, comme dans le Staffordshire.

En résumé, l'opération dure en tout deux heures à deux heures $\frac{1}{2}$; au bout d'un quart d'heure, le fine-metal fond vers ses extrémités, et on commence à le brasser, pour opérer sa division; au bout d'une heure à une heure $\frac{1}{2}$, le fine-metal est entièrement réduit en sable; on le maintient à cet état pendant une demi-heure, en remuant toujours; l'opération de faire les balles exige à-peu-près le même temps.

On charge, à chaque opération, 170 à 200 kilogrammes; quelquefois on y ajoute des bouts de barres; ces bouts de barres sont puddlés à part; la perte en fer varie beaucoup dans cette opération, suivant le degré d'habileté de l'ouvrier, le défaut de soins pouvant laisser une assez grande quantité de fer passer avec les scories, ou s'infiltrer dans la sole, dont elle élève alors le niveau. Dans un bon travail, elle est de 8 à 10 pour 100.

La consommation en houille est aussi très-variable, suivant sa qualité et sa grosseur, et suivant la manière de travailler de l'ouvrier : elle

est évaluée en général, dans le pays de Galles, à 1000 kilogrammes pour 1000 de fine-metal ou 917 de fer brut; ce qui fait un peu moins de dix parties de houille pour neuf de fer.

Quelquefois on divise l'opération en deux parties; on chauffe le fine-metal à l'extrémité du fourneau en même temps qu'on puddle près de la chauffe; quelquefois, les fourneaux dont on se sert dans ce cas sont seulement plus longs que les fourneaux ordinaires; d'autres fois, ils ont une forme particulière, comme on l'a indiqué § 45. Ce procédé, peu usité en Angleterre, est au contraire pratiqué dans plusieurs établissemens français : ainsi que nous l'avons dit, la consommation en charbon est diminuée d'environ 40 kilogrammes à chaque opération, et l'on peut faire cinq charges au lieu de quatre dans le même temps. La conduite du feu, qui est très-importante pour la réussite d'une opération, ne doit être confiée qu'à un ouvrier expérimenté; il le règle, soit en augmentant la quantité de charbon, et nettoyant la grille, soit en ouvrant plus ou moins le registre.

Dans l'opération du puddlage, il se forme des scories, qui, suivant la disposition du fourneau, coulent continuellement par le trou du floss ou s'accumulent avec les balles. Lorsqu'elles coulent continuellement, on a soin de mettre du feu sous

le trou du floss, pour empêcher les scories de se figer : on est, en outre, obligé, de temps en temps, de nettoyer ce trou avec un ringard.

Lorsque l'écoulement des scories n'est pas continu, elles restent dans le fourneau ; une partie, mélangée avec le fer, tombe au pied des cylindres quand on comprime la loupe, et l'autre partie adhère à la sole du fourneau, d'où on les arrache avec un ringard quand l'opération est terminée. Les scories de cette opération, qui sont toujours en très-petite quantité, proviennent de celles qui restaient dans le fine-metal, et du sable qui forme la sole du fourneau. La quantité de fer dont elles se chargent est considérable, et on est parvenu à diminuer cette perte en substituant au sable des scories pilées. Toutefois, cette substitution, qui diminue la perte de fer, ne doit pas être toujours favorable à sa qualité; car l'analyse des scories du puddlage a donné dans quelques cas de l'acide phosphorique, qui n'aurait pu être enlevé au fine-metal si une certaine proportion de fer n'avait pas été entraînée à l'état d'oxide: d'où il suit que la formation de ces scories, en enlevant le phosphore au fer, en avait amélioré la qualité.

Ces scories sont noires, très-pesantes, souvent cristallines ; on y observe quelquefois des cristaux dont la forme se rapporte à celle du pyroxène :

plusieurs analyses, que M. Berthier en a faites, lui ont appris que leur richesse était très-variable quoique toujours considérable, ce qui est dû au plus ou moins de temps qu'elles restent en contact avec le métal : cependant elles sont en général moins riches que les scories de forges au charbon de bois.

Une scorie de l'usine de Dowlais, dans le pays de Galles, a donné le résultat suivant :

Silice........ . .	0,468
Protoxide de fer..	0,610
Alumine	0,015
	0,993.

Dans une autre usine des environs de Dudley, on a trouvé :

Silice......... .	0,402
Protoxide de fer...	0,564
Alumine........	0,023
Acide phosphorique.	0,005
	0,994.

D'après la charge d'un fourneau, qui est en général de 200 kilogrammes, et la durée de chaque opération, qui est de deux heures et demie, on voit qu'il faut à-peu-près cinq fourneaux à puddler pour desservir un haut-fourneau et une finerie.

Malgré tout le soin des ouvriers, il s'accumule, sur la sole, des scories et des carcas de fer. Quel-

quefois, au bout de la semaine, cette accumulation est telle que la sole s'est élevée de 5 à 6 pouces. On est dans l'habitude d'enlever, tous les samedis, l'ancienne sole, opération qui peut se faire de deux manières, soit en fondant le tout, et en le faisant passer par le trou du floss; soit en l'arrachant avec un ringard que l'on emploie comme levier. La première méthode, suivie ordinairement par les bons ouvriers, qui sont bien maîtres de leur fourneau, paraît être en elle-même préférable à la seconde, qui peut endommager ses parois, et qui exige plus de temps et de travail. Lorsque la sole est en scories, il faut qu'elles aient été ramollies et réagglutinées avant de commencer le travail; sans cela, la fonte, à mesure qu'elle fondrait, coulerait à travers les scories, et occasionnerait une perte. Il faut au moins huit heures pour cette préparation de la sole, et même en général, on ne doit pas travailler avant douze heures, de façon que si l'opération du puddlage doit commencer à six heures du matin, il faut chauffer la sole à partir de six heures du soir.

Cinglage des balles ou loupes.

§ 62. Nous avons dit ci-dessus que quand le fer a acquis la température convenable, un ouvrier le prend soit avec une tenaille qu'il a eu soin de faire chauffer, soit avec une barre de fer qu'il y soude, et le porte sous le marteau ou sous les cylindres.

L'une et l'autre de ces deux méthodes sont également employées en Angleterre. Dans presque toutes les usines du Staffordshire, la loupe est forgée en pièce avant d'être portée au cylindre. Cette méthode est généralement préférée dans les établissemens dont la fabrication n'excède pas 100 tonnes par semaine. On croit que le fer fabriqué de cette manière est de meilleure qualité.

Dans les grands établissemens, par exemple ceux du pays de Galles, dont chacun verse moyennement dans le commerce 200 à 350 tonnes de fer par semaine, presque tout le fer est forgé au cylindre. La grandeur de la fabrication a pu contribuer à faire adopter cette méthode; mais il est probable qu'on y a été déterminé par la qualité des minerais et du charbon, car on remarque que des usines voisines suivent le même procédé, et que les différences existent d'un comté à l'autre. Dans les usines où l'on a introduit ce travail en France, on a toujours préféré le cinglage au marteau au cinglage au cylindre.

1°. Cinglage au marteau.

Pour exécuter le cinglage au marteau, on place d'abord la loupe sous la partie antérieure de la panne, qui laisse plus d'intervalle entre elle et l'enclume que les autres parties. On tourne la pièce dans tous les sens, de manière à lui donner la forme rectangulaire. Quand on veut l'allonger, on la place sous la partie de la panne

du marteau qui est parallèle à l'axe; on la met au contraire sous l'autre partie quand on veut rendre ses faces plates; ce que fait concevoir facilement l'inspection des *fig.* 1 et 3, Pl. 15. On l'expose ainsi au choc du marteau jusqu'à ce qu'elle ne diminue pas de volume. Les deux extrémités de la loupe, qui prend alors le nom de *pièce*, n'étant pas forgées, on courbe la barre de fer à laquelle la loupe est soudée et on place la pièce verticalement. Pendant ce cinglage, les scories jaillissent à une grande distance et il se forme en outre des battitures, qu'on recueille pour les jeter dans le haut-fourneau ou les mêler avec la fonte à affiner.

Pendant cette opération, le fer s'est trop refroidi pour qu'on puisse l'étirer immédiatement au cylindre; on est obligé de le chauffer de nouveau sur la sole d'un fourneau à réverbère avant de le soumettre à cette seconde compression. Ce nouveau chauffage s'exécute ordinairement dans les fourneaux de puddlage, au commencement d'une opération. On porte ces pièces ainsi chauffées sous des cylindres qui ont généralement 30 pouces anglais de longueur et 14 de diamètre. Ils présentent des cannelures de dimensions variables et proportionnées aux différentes pièces. On fait passer la pièce sous la première cannelure en la plaçant sur le tablier et en la pressant

un peu. Un ouvrier la reçoit de l'autre côté, et la repasse par-dessus les cylindres au premier ouvrier, qui l'introduit de nouveau dans une autre cannelure plus étroite. La pièce s'allonge donc ainsi successivement, en prenant une forme plus régulière. Bientôt elle est étirée en barres plus ou moins longues, qui ont 4 pouces de largeur et $\frac{1}{2}$ pouce d'épaisseur.

2°. Cinglage au moyen des cylindres.

Pour cingler au moyen des cylindres, l'ouvrier qui tient la loupe dans des tenailles dont la forme intérieure est celle d'un ellipsoïde de révolution, la passe sous la première cannelure, qui est elliptique. Un second ouvrier, placé de l'autre côté du cylindre, reçoit la loupe et la remet au premier, qui la passe de nouveau sous les cylindres, après les avoir rapprochés en donnant un tour aux vis de pression. Quand la loupe de fer a passé cinq ou six fois sous cette même cannelure, elle a pris une forme ellipsoïdale, et reçoit en anglais le nom de *bloom*. On la fait alors passer sous une seconde cannelure d'une moins grande section, et dans laquelle le fer, éprouvant une plus grande compression, s'allonge davantage. On la présente dans cet état à une seconde paire de cylindres, sous lesquels le fer est étiré en barres plates de $\frac{1}{2}$ pouce d'épaisseur et de 4 pouces de largeur. Il tombe autour des cylindres des morceaux de la loupe qui n'ont pas

pu se souder et des scories. Ces morceaux de fer sont mis à part et on les ajoute dans l'opération du puddlage ; quant aux scories, elles sont entièrement analogues à celles qui découlent par le floss. En une minute et demie, la loupe est transformée en barres, et l'œil a peine à suivre les progrès de cette transformation.

Une machine à vapeur, d'une puissance de trente chevaux, peut, en une semaine, comprimer (*rough down*) 200 tonnes de fer brut.

§ 63. Ce fer est en général d'une qualité trop inférieure pour pouvoir être employé : il est appelé *mill-bar-iron*. On lui fait subir une seconde opération, qui consiste à souder plusieurs morceaux ensemble, et qui lui fait acquérir les qualités désirées. Pour le souder plus convenablement, on coupe les barres de fer encore rouges, au moyen d'une cisaille, et on leur donne une longueur proportionnée à l'échantillon de fer que l'on veut obtenir. On met ordinairement quatre morceaux l'un sur l'autre. Ces piles ou trousses de fer, composées de quatre morceaux, sont placées sur la sole du *fourneau à rechauffer* (REHEATING FURNACE) dont nous avons parlé ci-dessus, de manière que l'air chaud circule librement entre elles ; on les place en croix les unes sur les autres. Au bout d'une demi-heure ou trois quarts d'heure, le fer est assez chaud, et

les morceaux sont adhérens les uns aux autres; on porte alors successivement chaque trousse aux cylindres pour l'étirer en barres. On la fait d'abord passer sous le cylindre préparateur, puis sous le cylindre inciseur. Quand la barre a acquis une certaine longueur, il faut deux ouvriers pour la passer entre les cylindres; un qui tient son extrémité antérieure avec les pinces, et l'autre qui soutient le reste de la barre. Quand elle est étirée à l'échantillon que l'on désire, on la traîne jusque sur un plan en fonte, fixé dans le sol de l'atelier, sur lequel on la bat pour la redresser, et sur lequel on lui applique la marque du maître de forge.

Ce fer est ordinairement très-nerveux; on peut même dire qu'il l'est trop, parce qu'ayant été comprimé constamment dans le même sens, il présente une réunion de fibres, qui, quelquefois, ont peu d'adhérence entre elles.

Aussi ce fer est regardé comme de moyenne qualité. Quand on veut avoir du fer très-résistant, comme celui qu'on emploie pour les ancres, ou les câbles en fer, on le soumet à un second soudage. Lorsqu'on fait des verges pour les clous, ou du fer *carillon*, au lieu de réduire le fer en barres minces en le faisant passer dans des cannelures très-étroites, on le présente aux *fenderies*, qui découpent la barre en plusieurs verges.

Quoiqu'on ne fasse jamais d'addition de matières terreuses dans cette opération, il se forme une quantité de scories assez considérable; dùe à l'oxide de fer qui est dissous par le sable de la sole. Les scories coulent pas le trou du floss, ou sont arrachées de la sole après l'opération; il en tombe aussi près des cylindres. Elles sont ordinairement lamelleuses et d'un gris d'acier. Dans leurs cavités, elles présentent fréquemment des cristaux dont les formes sont analogues à celles du pyroxène. Des scories de chaufferie de l'usine de Dowlais, pays de Galles, ont donné à l'analyse :

Silice........	0,424
Protoxide de fer..	.,520
Alumine.......	0,033
	0,977.

Dans la plupart des établissemens anglais, ces scories, qui sont fort riches, sont reportées aux hauts-fourneaux et fondues avec le minérai. On s'en sert également, ainsi que nous avons eu occasion de le dire, pour recouvrir la sole des fourneaux à réverbère.

Dans les fours à réchauffer, le déchet est de 8 à 10 pour 100 pour le gros fer, et de 10 à 12 pour les petits échantillons. Quant à la consommation en combustible, on peut dire que 1000 kilogrammes de fer dépensent 60 kilogr. de houille.

L'affinage au fourneau à réverbère exige trois ouvriers, deux habitués au travail du puddlage et un manœuvre; celui-ci charge le fine-metal, entretient le feu et lève la porte quand les puddleurs prennent les balles. Il faut en outre deux forgerons pour étirer la loupe. Il est au reste assez difficile d'indiquer exactement le nombre d'ouvriers occupés aux cylindres et au marteau, attendu qu'ils sont payés à la tonne (20 à 22 sh., ou 25 fr. 15 c. à 27 fr. 66 c.), et que les puddleurs aident ceux qui étirent le fer.

Nombre d'ouvrier de l'affinag

§ 64. Nous allons indiquer les consommations et les dépenses de l'affinage dans le Staffordshire, le Shrosphire et dans le pays de Galles.

Consommation et dépense de l'affinage

1°. Relativement au Staffordshire, nous extrairons encore de la note de M. Achille de Jouffroy les données suivantes. Nous avons déjà dit, § 33, que 1452 quintaux de fonte brute ont coûté 18,387 fr. Ces 1452 quintaux de fonte ont donné, à la finerie, 1270q,50.

Ils ont dépensé

Gueuse, 1452 q. m. à 12 fr. 66 c. . . . . . (1)	18,387 fr.	» c.
Houille, 1270q,50, à 0,95 le quint.. . .	1,206	97
Main-d'œuvre.	914	76
	20,508 fr.	73 c.

(1) Au § 33, dans la note page 449, nous avions porté à tort le prix du quint. mét. de la fonte dans le Staffordshire à 12 fr. 85. Il s'est glissé une erreur dans le calcul fait pour

Aux fourneaux de puddlage et aux chaufferies, les 1270q,50 de fer brut ou fine-metal ont donné 1100 (1) quintaux de fer en barres.

Les dépenses ont été

Gueuse affinée, 1270q,50, à envir. 16 f. 14 c.	20,508 fr.	73 c.
Houille, 1650 q., à 0,95 le quint. mét...	1,567	50
Main-d'œuvre..................	2,156	»
	24,232 fr.	23 c.

On conclut de ce résultat que chaque quintal métrique de fer en barres revient, dans le comté de Stafford, à 22 fr.; les frais se trouvent représentés ainsi qu'il suit :

Minérai de fer..........		9 fr.	50 c.
Castine..............		1	35
Houille pour la fusion..	4,75		
— pour les fineries....	1,10	7	27
— pour les fourneaux à réverbère	1,42		
Main-d'œuvre.........		3	90
		22 fr.	02

2°. Pour le Shropshire, nous trouvons, dans le

déduire les consommations par quintal de celles données plus haut pour 1452 quint. mét.; la quantité de minérai et de houille est de 379 kilog. au lieu de 385, et la dépense totale est d'environ 12,66, comme on l'a portée ci-dessus.

(1) Nous avons conservé les nombres de M. Achille de Jouffroy, qui a sans doute pris pour point de départ 11 quintaux métriques, pensant qu'ils équivalaient à une tonne; mais cette mesure anglaise = 1014,94.

mémoire de M. Aikin, déjà cité § 33, les résultats suivans :

32,73 fonte + 20,64 houille (10,23 coke) = 27,28 de fine-metal;

27,28 fine-metal + 29,68 de houille = 23,73 de fer puddlé;

23,73 fer puddlé + 22 de houille = 20 de fer affiné = 1 tonne.

En réduisant ces nombres à 100 kilogrammes de fer en barres, pour que les résultats soient comparables avec les autres, nous trouverons que

163k.,69 de fonte consomment 123,84 de houille, et donnent 136,43 de fine-metal;

136,43 de fine-metal consomment 148,25 de houille, et donnent 118,65 de fer puddlé;

118k.,65 de fer puddlé consomment 110 de houille, et donnent 100 kilogr. de fer en barres.

3°. Dans le pays de Galles, d'après les données que nous avons indiquées, nous trouvons les résultats suivans :

1000 kilogrammes de fonte donnent 864 kilogrammes de fine-metal, et dépensent 227 kilogrammes de houille;

1000 kilogrammes de fine-metal donnent 880 de fer brut, et dépensent 1050 kilogrammes de houille;

1000 kilogrammes de fer brut donnent 900 kilogrammes de fer en barres, et consomment 500 kilogrammes de houille.

Si maintenant, pour mieux comparer ces consommations et dépenses dans le pays de Galles avec celles du Staffordshire données plus haut, on les calcule pour 1 quintal métrique, ou plutôt d'abord pour 1000 kil., on obtient les résultats suivans :

Réduction de la fonte en fine-metal.

Fonte, 1461 kil., à 9 fr. 91 c. le q. mét., § 40	144 fr.	63 c.
Houille, 295 kil., à 6 fr. 25 c. le q. m......	1	67
Main-d'œuvre, à 0 fr. 66 c. par q. m., produit....................	8	33
PRODUIT, 1262 kil. de fine-metal, coûte.	154 fr.	43 c.

Réduction du fine-metal en fer en barres.

Fine-metal, 1262 kilogr............	154 fr.	42 c.
Houille pour le puddlage. 1262 kil. / Houille pour réchauffer .. 555 kil. } à 6f, 25..	10	32
Main-d'œuvre, à 2 fr. 04 c. par q. m., produit	20	40
Intérêt de la mise de fonds, redevances....	15	»
PRODUIT 1000 kil. de fer en barres.	200 fr.	15 c.

Ainsi le quintal métrique de fer en barres ne revient qu'à environ 20 fr. dans le pays de Galles, tandis qu'il coûte 22 francs dans le Staffordshire.

Si on veut calculer la consommation totale en combustible pour 1000 kilogrammes de fer en barres, on trouve le résultat suivant :

Pour obtenir les 1461 kilogr. de fonte....	5844 kil.
Pour réduire la fonte en fine-metal	295
Pour convertir le fine-metal en fer en barres.	1817
TOTAL de la houille consommée.	7956 kil.

Ce nombre approche beaucoup de la vérité; car on estime généralement dans le pays de Galles la consommation en houille égale à huit fois le produit du fer en barres.

Comparaison entre le travail de la fonte et du fer au charbon de bois et celui à la houille, suivie d'un aperçu sur les dépenses de l'établissement d'une usine à l'anglaise en France.

§ 65. Le but que nous nous proposons dans la comparaison suivante n'est pas d'indiquer quelle est la méthode préférable à adopter lorsqu'on veut élever un établissement; on sait que rarement on a ce choix à faire, l'abondance du charbon de bois ou de la houille ayant résolu d'avance cette question; nous désirons seulement établir, par des données exactes, la grande infériorité des prix de la fabrication de la fonte et du fer à la houille comparés à ceux des mêmes fabrications au charbon de bois. Nous nous attacherons sur-tout à faire ressortir la différence extrême qui existe entre les rapports du prix de la fonte à celui du fer, dans le travail à la houille et dans le travail au charbon de bois. Pour cela, nous récapitulerons les dépenses de fabrication, tant dans le pays de Galles que dans le Staffordshire, et nous indiquerons ces dépenses dans

trois des départemens français qui produisent le plus de fer.

Pour le Staffordshire et le pays de Galles, nous trouvons les résultats suivans, en prenant pour le premier de ces comtés la moyenne des évaluations données ci-dessus (§ 33).

1°. Pour un quintal métrique de fonte :

Prix de fabrication de la fonte en Angleterre.

	Staffordshire (§ 33).		Pays de Galles (§ 41).	
Minérai	335 kil.	6 fr. 34	300 kil.	3 fr. 69
Houille	390	2 87	420	2 60
Castine	170	1 04	100	» 55
Main-d'œuvre. Intérêts	....	2 40	....	2 07
Redevances	....	....	....	1 »
	»	12 fr. 65	»	9 fr. 91

2°. Pour un quintal métrique de fer

Prix de fabrication du fer en Angleterre.

	Staffordshire (§ 64).		Pays de Galles (§ 63).	
Minérai	....	9 fr. 50	....	15 44
Castine	....	1 35	(incl. ci-dessus)	(incl. ci-dessus)
Houille pour le haut-fourneau	....	4 75	(incl. ci-dessus)	(incl. ci-dessus)
Houille pour l'affinage	....	2 52	181 kil.	1 03
Main-d'œuvre	....	3 90	....	2 04
Intérêt de la mise de fonds	(incl. ci-dessus)	(incl. ci-dessus)	....	1 50
	»	22 fr. 02	»	20 fr. 01

En France, les prix de fabrication de la fonte et du fer présentent des différences extraordinaires, suivant les localités : pour établir le prix

moyen, nous allons indiquer dans les tableaux suivans leurs limites extrêmes.

1°. Pour un quintal métrique de fonte:

	Hte.-Saône.		Dordogne.		Côte-d'Or.		
	kilog.	Valeur.	kilog.	Valeur.	kilog.	Valeur.	Prix de fabrication de la fonte en France.
Minérai	330	6 fr. 77	300	4 fr. 80	275	2 fr. 30	
Charbon de bois.	150	14 05	170	9 18	168	10 73	
Castine	65	0 13	100	0 60	»	» »	
Main-d'œuvre	»	0 40	»	1 10	»	1 00	
Frais de régie	»	0 60	»	0 50	»	0 50	
Entret. de l'usine.	»	0 66	»	0 55			
Intérêts de la mise de fonds et du fonds de roulement	»	2 44		2 40	»	2 00	
		25 fr. 05		19 fr. 13		16 fr. 53	

2°. Pour un quintal métrique de fer forgé :

	Hte.-Saône.		Dordogne.		Côte-d'Or.		
Fonte	151	37 fr. 82	140	26 fr. 67	136	22 fr. 48	Prix de fabrication du fer forgé en France.
Charbon	175	16 44	173	9 45	180	11 48	
Main-d'œuvre	»	2 00	»	2 10			
Frais de régie	»	0 90	»	0 50	»	4 50	
Entret. de l'usine.	»	» »	»	» »			
Intérêts, etc.	»	4 65	»	2 50			
		61 fr. 81		41 fr. 22		38 fr. 46	

Nous avons extrait d'un mémoire (1) publié par M. Héron de Villefosse l'exemple relatif à la Haute-Saône.

(1) *Mémoire sur l'état actuel des usines à fer de la France*; par M. Héron de Villefosse, *Annales des Mines*, tome XIII, page 339.

Les prix de fabrication de la fonte et du fer dans la Dordogne sont le résultat des tableaux des usines à fer de ce département, rédigés par M. Furgaud, ingénieur en chef des mines ; quant à ces mêmes prix dans le département de la Côte-d'Or, nous les avons recueillis nous-même.

Nous pourrions multiplier beaucoup les exemples ; mais ceux-ci sont à-peu-près les extrêmes, ainsi que nous le voyons dans le travail de M. de Villefosse, page 373, où il dit que « le » prix des fers fabriqués au charbon de bois va- » riait en 1824 entre 42 et 62 francs, suivant les » qualités de ces fers et les lieux de production.» Nous prendrons donc la moyenne des trois exemples ci-dessus comme étant le prix de fabrication en France, en observant toutefois que nous la trouvons trop élevée, parce qu'il existe un plus grand nombre d'usines dans lesquelles le fer revient à 40 francs que de celles où il en coûte 60.

Le quintal métrique de fonte peut donc être regardé comme coûtant $20^{f}.23$, et le quintal métrique de fer comme revenant à $47^{f},16$.

Comparaison des prix de fabrication de la fonte en France et en Angleterre.

§ 66. La comparaison entre le travail de la fonte et du fer en Angleterre et en France nous montre d'abord qu'il existe une énorme différence dans leurs prix de fabrication.

Pour la fonte, cette différence provient de deux causes. La première tient à la nature des localités;

en Angleterre, la houille est en général à un prix très-bas sur les mines, et comme, en outre, le minérai se trouve réuni au combustible sur le même point, ce qui évite des transports dispendieux, il en résulte que les usines de cette contrée se procurent ces matières à des prix très-inférieurs à ceux qu'elles ont dans les usines de France. Cet avantage donnera probablement toujours aux Anglais la facilité de livrer leurs fers à un prix moins élevé que les nôtres. Si l'on admet qu'il serait imprudent pour un État de ne pas soutenir cette branche d'industrie, il sera peut-être difficile de ne pas voir ici un de ces exemples rares où les lois de douanes peuvent être réellement de quelque utilité.

La seconde cause est encore due à l'emploi de la houille, par les grands avantages qu'il procure dans la fabrication. Ce combustible, brûlant avec beaucoup moins de rapidité que le charbon de bois, permet de donner aux fourneaux une plus grande capacité, et par suite de fabriquer plus de produits dans le même temps et avec le même nombre d'ouvriers, d'où il résulte une économie dans le prix de la main-d'œuvre et dans les frais généraux. L'emploi de ce combustible présente en outre, relativement à la qualité de la fonte, deux avantages inappréciables : le premier est de donner naturellement une fonte noire, douce, et propre au moulage, ce qui paraît tenir en partie à la len-

teur de l'opération; le second est de développ
une chaleur plus considérable que le charbon d
bois, et de permettre par suite de charger les la
tiers d'une grande quantité de chaux, addition q
enlève le soufre, fait dégager une partie du pho
phore que contiennent les minérais et le cha
bon, et, par suite, améliore la qualité de la font
A la vérité, la fusion au charbon de bois donn
une fonte plus propre au travail du fer forg
et exige un capital beaucoup moins grand pou
la construction et le roulement d'une usine.

Dans quelques usines, notamment dans cell
de M. le duc de Raguse, à Châtillon-sur-Seine
dans celle de Fourchambault, on emploie un pr
cédé mixte, qui consiste à mélanger le charbo
de bois avec une certaine quantité de coke; et c
mélange, favorable à la qualité de la fonte, donn
un bon résultat sous le rapport de l'économie.

Comparaison des prix de fabrication du fer en France et en Angleterre.

§ 67. Relativement au fer forgé, on voit qu'e
France le prix de sa fabrication est presqu
triple de celui de la fabrication de la fonte; tan
dis qu'en Angleterre il n'est pas même doubl
La valeur du combustible entre sans doute pou
quelque chose dans cette différence; mais la caus
principale est l'emploi des fourneaux à réve
bère et des cylindres, qui, dans le même temp
et avec le même nombre d'ouvriers, produisen
une beaucoup plus grande quantité de fer que n
peuvent le faire nos forges.

La conséquence immédiate de cette comparaison est qu'il est à propos d'introduire d'abord de préférence l'emploi de la houille et des méthodes anglaises dans l'affinage du fer, et de réserver par ce moyen le charbon de bois pour produire de la fonte. Cette conséquence est en rapport avec les facilités que présente le transport de la fonte, facilités qui permettent d'établir des forges à l'anglaise assez loin des hauts-fourneaux; tandis que ceux-ci doivent toujours être placés à la proximité des forêts et des minières, le transport du charbon et du minéari étant très-onéreux.

Conséquence de cette comparaison.

§ 68. Il est d'autant plus facile d'adopter ce procédé en France que notre fonte, généralement plus propre au travail du fer que la fonte anglaise, ne nécessiterait pas la plupart du temps l'opération intermédiaire de la conversion en *fine-metal*, opération qu'il est indispensable d'appliquer aux fontes noires. Lors même que les fontes sont grises, et de nature à exiger un affinage préparatoire, afin de ne pas mettre en contact avec de la houille des fontes fabriquées au charbon de bois, ce qui pourrait en détériorer la qualité, on peut presque toujours remplacer cet affinage, soit par le mazage, qui consiste à couler la fonte en plaques minces, sur lesquelles on jette de l'eau, soit par une fusion qu'on exécute dans un fourneau à réverbère, dont la sole est très-inclinée, comme il paraît que cela est pratiqué dans l'usine de M. de

Modifications à apporter à l'affinage à l'anglaise.

Wendel. On expose la fonte, refondue par cette dernière méthode, à l'action de l'air, afin de la blanchir, et on la coule ensuite en plaques minces, que l'on soumet au fourneau à puddler, comme le fine-metal. Enfin, on peut aussi, comme cela se pratique dans quelques usines, affiner dans le haut-fourneau, en dirigeant le vent sur le creuset quelques momens avant de faire la coulée; mais il paraît que jusqu'à présent ce dernier procédé n'a pas conduit à des résultats satisfaisans.

Dans les lieux où le bois est à très-bas prix, il serait peut-être possible de s'en servir pour chauffer les fourneaux à réverbère. Des expériences ont déjà été faites dans l'établissement de M. le duc de Raguse, à Châtillon-sur-Seine, et ces expériences ont prouvé la possibilité de cet emploi. La grande difficulté que présente cette substitution, est qu'il faut avoir du bois coupé depuis au moins deux ans, afin qu'il soit assez sec pour donner la température convenable; ce qui nécessite un emploi énorme de capitaux. Lorsqu'on se sert de bois de l'année, comme on le faisait à Châtillon, il faut, pour l'employer avec avantage, le sécher dans des étuves, et, dans ce cas, il est difficile d'en sécher journellement assez pour la consommation d'une forge un peu considérable. Il paraît que c'est la principale raison qui a fait abandonner ces expériences, et qui a engagé à se servir de la

houille de Saint-Étienne. Pour faire sécher le bois, on avait disposé horizontalement les conduits des cheminées de fours à réverbère, et on le plaçait dessus, comme cela se pratique dans plusieurs établissemens.

Le travail aux fourneaux à réverbère ne serait pas très-avantageux si l'on avait des usines d'une petite dimension, parce que les frais que nécessitent ces établissemens ne seraient pas en rapport avec les produits. En effet, un inconvénient que présentent les usines de ce genre est d'exiger un capital considérable ; inconvénient sur-tout très-sensible en France, où l'esprit d'association n'est pas encore parvenu au degré nécessaire pour que notre industrie prenne toute l'extension que nous devons espérer. Un second inconvénient est la difficulté de ce genre d'affinage, qui demande des ouvriers très-exercés. Nous allons entrer dans quelques détails sur les dépenses de construction et de roulement de ces usines, ainsi que sur le prix que demandent habituellement les ouvriers anglais.

Évaluation approximative des dépenses de l'érection de trois hauts-fourneaux au coke.

§ 69. Supposons un établissement composé de trois hauts-fourneaux.

Pour l'érection des trois hauts-fourneaux, d'après ce que nous avons pu recueillir sur les dépenses de plusieurs établissemens, on peut regarder le devis suivant comme assez approximatif.

		fr.	
Maçonnerie.	Fondations.	12,000	107,000
	Massif en pierres de taille.	15,000	
	Ouvrages en briques communes.	30,000	
	Chemise intérieure, creuset, etc., en briques réfractaires, composées d'un mélange d'argile du pays et d'argile réfractaire, telles que celles de forges, d'abondant, etc.	28,000	
	Mortier réfractaire.	2,000	
	Chaux et sable.	20,000	
Pièces en fonte.	Les objets en fonte sont très-nombreux. Les principaux sont des plaques du fond, des plaques pour les embrasures, pour les tympes, des maratres pour soutenir les embrasures, des tuyères, des rondelles, etc. On peut évaluer en poids tous ces objets à 24,000 kil. pour chaque haut-fourneau, ou 72,000 pour les trois. On aura donc 720 q. m., à 40 fr.	28,000	28,000
Pièces en fer.	On sait aussi que les hts.-fourneaux sont armés en fer pour remédier aux effets de la chaleur, etc. Les cercles, clavettes, etc., employés dans un haut-fourneau peuvent être estimés à 5000 kil. Ce qui fera 150 q. m. pour les trois, à 50 fr. le quintal mét. . .	7,500	7,500
	TOTAL.		142 500

			fr. c.
	Report		142 50
Dép. diverses. Main-d'œuvre.	Main-d'œuvre des maçons	12,000	
	Manœuvres	15,000	
	Échafaudage	1,200	
	Outils	4,000	104,200
	Halle devant le fourneau	12,000	
	Terrassemens, achat de terrain, etc.	60,000	
	TOTAL pour l'érection des fourneaux		246,700
Dép. éventuelles.	Machine soufflante, mise en place (1)	160,000	160,000
	Mécanisme pour monter les charges	3,000	
	Place de chargement	4,000	29,000
	Maison de la machine à vapeur	10,000	
	Cheminées, chaudières, etc.	12,000	
	Fours à griller		12,000
	Fours à coke		20,000
	Logemens pour les ouvriers		20,000
	TOTAL		487,700

Pour faire connaître avec plus de détails le prix de tous les objets nécessaires pour trois hauts-fourneaux, nous transcrirons une note qui

(1) Une machine à vapeur de quatre-vingts chevaux, fabriquée par M. Price à la fonderie de M. Neath Abbey, dans le pays de Galles, dont le cylindre a 45 pouces de diamètre, et qui fait marcher une machine soufflante de 84 pouc. de diamètre et de 8 pieds de course, capable de souffler trois hauts-fourneaux et trois fineries, a coûté 70,000 francs. Ajoutant 30 pour 100 de droit d'entrée, la pose, qu'on peut évaluer à 10 pour 100, et les frais de transport à 12 p^r. 100 au plus, on voit qu'un semblable appareil reviendra à 110,000 francs environ ; le régulateur n'est pas compris dans cette évaluation, mais il reviendra au plus à 25,000 francs tout posé.

nous a été communiquée par MM. Manby et Wilson, mécaniciens, qui ont rendu un véritable service à la France, en y important les procédés anglais, et sur-tout en fournissant les moyens d'élever des établissemens semblables à celui qu'ils ont créé à Charenton.

	fr. c.
1°. Une machine à vapeur, pour souffler trois hts.-fourneaux, et les affineries nécessaires, ayant un cylindre de 50 pouces anglais de diamètre.	145,000
2°. Appareil pour souffler trois hauts-fourneaux, avec régulateur à piston	85,000
3°. Appareil en fonte pour le régulateur à eau, avec valvules.	33,000
4°. Grand tuyau de conduite pour trois hauts-fourneaux.	15,000
5°. Machine à vapeur de la force de six chevaux, avec l'appareil d'élévation, pour la mine et le coke, chaînes, etc.	20,000
6°. Articles en fonte et fer forgé, pour un haut-fourneau; savoir, plaques carrées et autres pour le fond du fourneau	7,000
7°. Cercles en fer forgé, et autres objets pour bâtir le fourneau.	8,000
8°. Cheminées pour la fabrication du coke. .	2,000
9°. Tuyaux de conduite et appareil pour souffler un fourneau.	7,000
10°. Grues portatives.	2,500
11°. Chariots pour les cendres.	2,000
12°. 300 pieds de route en fonte pour les trois hauts-fourneaux.	6,000
A reporter. . . .	332,500

Report. .	332,500
13°. Articles en fonte pour la cheminée des machines à vapeur.	3,000
TOTAL.	335,500

En ajoutant à cette somme de 335,500 fr. celle de 211,200 (1) nécessaire pour la construction des hauts-fourneaux, achat de terrain, maison de la machine à vapeur, caserne, etc., le devis s'élèverait dans ce cas à 546,700 francs.

Ainsi on peut conclure qu'il faut un capital d'environ 5 à 600,000 fr. pour l'érection de trois hauts-fourneaux, de la plus grande dimension, marchant au coke, dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire en supposant qu'il n'existe pas de cours d'eau pour faire marcher les machines soufflantes, que les fourneaux, étant placés au milieu d'une plaine, exigent l'établissement d'une machine pour élever les matériaux sur la plate-forme, enfin que le terrassement soit assez considérable. Dans le cas où ces circonstances ne se présenteraient pas, le capital nécessaire serait réduit plus ou moins, suivant les localités. Du reste, on peut admettre qu'un haut-fourneau nu, c'est-à-dire sans les armures et les machines nécessaires, reviendra toujours de 30 à 40,000 fr.

(1) Nous n'avons pas fait entrer dans cette somme le prix des pièces de fer et de fonte nécessaires pour un haut-fourneau, parce qu'elles sont déjà portées dans la seconde évaluation.

Fonds de roulement.

Pour établir les frais de roulement, nous supposerons que les fourneaux marchent 300 jours chacun, l'un dans l'autre, et qu'ils produisent 500 quintaux métriques de fonte par semaine.

Par jour, chaque fourneau dépensera 210 quint. mét. de minérai, à 1 fr. 50; 210 quint. mét. de houille, à $0^f,80$; et 70 quint. mét. de castine, à $0^f,50$. D'après ces bases, voici quelle sera par an la dépense des trois fourneaux :

Minérai	283,500 fr.
Houille	151,200
Castine	31,500
Directeur, à 8,000 francs par an	8,000
Caissier	4,000
Commis, surveillans, etc.	8,000
Chef-fondeur anglais	5,000
6 ouvriers fondeurs anglais (1)	14,400
36 aides ou chargeurs	19,600
Ouvriers pour casser la castine	4,000
Id. pour nettoyer le minérai	8,000
Id. pour la fabrication du coke	12,000
Id. pour la machine à vapeur	3,000
Ouvriers divers, comme maçons, forgerons, etc.	12,000
	564,200 fr.

D'après ce calcul, on voit qu'une somme de 5 à 600,000 fr. est nécessaire pour faire marcher une usine semblable, et que ce fonds de roule-

(1) Pour diriger trois hauts-fourneaux, il faudra sept ouvriers anglais, dont un chef. On donne habituellement au chef-fondeur de 100 à 120 fr. par semaine et 80 aux simples ouvriers.

ment, ainsi que celui de premier établissement, peuvent être évalués ensemble à 1,000,000 ou 1,200,000 francs.

Un établissement ainsi composé donnerait environ 64,000 quintaux métriques de fonte annuellement.

§ 70. Pour l'érection d'u[illegible] à l'a[illegible] qui correspondrait à trois hau[illegible] [illegible]x, [illegible] dépenses seraient à-peu-près l[illegible]

1°. 18 fours à réverbère, dont 15 à puddler et 3 à souder les barres. La maçonnerie de chacun est évaluée à environ 1000 francs, et les ferremens à 3000 fr.	72,000 f.
2°. Laminoirs et différens mécanismes qui en dépendent.	120,000
3°. Marteaux, enclumes, cames, etc.	35,000
4°. Deux paires de cisailles.	8,000
5°. Plaques de fontes, etc., environ 20,000 kilogrammes, à 40 francs le quint. mét.	8,000
6°. Machine à vapeur de la force de 60 à 70 chevaux, pour faire le service de tout l'établissement.	100,000
7°. Outils, tels que ringards, etc..	10,000
8°. Emplacement, consolidation du sol, etc.. .	60,000
9°. Hangar.	30,000
10°. Maison pour la machine à vapeur.	10,000
11°. Cheminées, etc.	12,000
12°. Transport des machines, etc..	12,000
13°. Caserne d'ouvriers..	25,000
	502,000 f.

De plus, si l'on traitait, dans cette usine, de la

fonte noire provenant du travail au coke, il faudrait ajouter trois fineries, évaluées chacune à 15,000 fr.; les fonds de premier établissement s'élèveraient donc alors à 547,000 fr.

Fonds de roulement pour une forge à l'anglaise.

Quant au capital nécessaire pour faire marcher cette usine, il est très-difficile de l'évaluer, parce qu'il dépend entièrement de la position de l'établissement par rapport aux hauts-fourneaux et aux mines de charbon. Nous allons supposer que cette forge est réunie aux hauts-fourneaux et qu'elle en dépend : dans ce cas, le prix de la fonte ne doit point entrer dans le fonds de roulement, puisque les dépenses faites pour la produire ont déjà été comptées ci-dessus dans le fonds de roulement des hauts-fourneaux dont elle provient, et qui font partie du même établissement.

Chaque fourneau à puddler donne environ 8,000 kil. de fer brut par semaine, qui dépensent à-peu-près 10,000 kilog. de houille. La quantité de houille dépensée est donc, pour 15 fourneaux, de 150,000 kilogr., et pour l'année de 78,000 quintaux, à 0,80.	60,400 f.
Les fourneaux à souder les barres dépenseront par an à-peu-près la moitié des fourneaux à puddler.	30,200
30 ouvriers anglais, à 80 fr. par semaine. . .	124,800
40 ouvriers, à 4 fr. par jour.	48,000
30 manœuvres, à 2 fr.	18,000
Directeur, commis, etc.	20,000
	301,400

Au bout de deux ou trois ans, on pourra congédier les ouvriers anglais et les remplacer par des ouvriers du pays, auxquels on donnera 4 fr. par jour au maximum; ce qui diminuera de beaucoup les frais de main-d'œuvre.

Quand la forge à l'anglaise est indépendante des hauts-fourneaux, et qu'elle est située loin des mines de houille, le capital nécessaire pour faire les approvisionnemens doit être incomparablement plus élevé. M. de Villefosse établit, dans le mémoire que nous avons déjà cité, que les fonds de roulement de l'usine de Fourchambault, dans le département de la Nièvre, qui ne contient que quatorze fourneaux à réverbère au lieu de dix-huit que nous supposons, s'élèvent à environ 2,400,000 fr.; savoir,

Pour achat de fonte.	1,879,200 fr.
Pour achat de houille.	345,600
Pour ouvriers.	120,000
Pour frais de régie.	24,000
	2,368,800 fr.

Une usine ainsi composée peut produire 48,000 quintaux métriques de fer annuellement.

Malgré le capital énorme que nécessitent l'érection et le roulement d'une forge à l'anglaise, l'établissement d'usines de ce genre apporte une économie de près d'un tiers dans la transformation de

la fonte en fer : cette vérité, émise depuis longtemps par le Conseil général des Mines, a déjà été sentie par beaucoup de maîtres de forges, qui, depuis 1814, ont naturalisé cette industrie en France. Espérons qu'elle sera bientôt reconnue universellement, et que la substitution de fours à réverbère chauffés avec de la houille à nos forges actuelles, devenant générale, la plus grande partie de l'immense quantité de charbon de bois que celles-ci consomment aujourd'hui pourra être consacrée à la production de la fonte, dont l'accroissement devra être considérable. Nous serions heureux si nous pouvions penser que notre travail contribuera pour quelque chose à l'introduction des améliorations que réclame chez nous cette branche d'industrie.

DESCRIPTION

Du procédé de carbonisation de la houille employé près de Saint-Étienne, à l'Établissement du Janon (1).

La carbonisation de la houille se fait, au Janon, à l'air libre, par un procédé particulier, que l'on n'emploie, je crois, nulle part ailleurs.

La houille que l'on convertit en coke est celle qui est tout-à-fait menue, presque en poussière; on a soin d'en séparer tous les morceaux, même ceux d'une dimension peu considérable : pour cet effet, on passe à une claie ordinaire en bois tout ce qu'on n'a pas pu trier facilement.

Cet emploi de la houille menue, passée ainsi à la claie, a le double avantage de ne carboniser que celle dont on ne trouverait qu'un débit peu élevé en la vendant, et de faire servir au reste de l'Établissement, par exemple aux chaudières de la machine à vapeur, tous les morceaux moyens qu'on en sépare.

(1) Ce Mémoire de M. Delaplanche, élève ingénieur des Mines, que nous avons rappelé, p. 443, est extrait du tome XIII des *Annales des Mines*, 1826.

La houille étant dans l'état de ténuité que j'ai indiqué, il a fallu nécessairement pratiquer, dans l'intérieur des tas à carboniser, des canaux par lesquels l'air pût circuler facilement, et les disposer de manière à ce qu'ils divisassent toute la masse en se communiquant les uns aux autres; il a fallu en outre donner à la houille assez de consistance pour qu'elle conservât ces vides jusqu'au moment où elle s'agglutine d'elle-même par la chaleur. Ce second objet a été rempli, en la tassant avec un pilon, après l'avoir mouillée convenablement; ce qui se fait en l'étendant sur le sol et en la remuant avec un râble, après avoir jeté de l'eau dessus.

Il suit de ce que je viens de dire que je dois indiquer d'abord quelle est la disposition des tas ou fourneaux de carbonisation (pour me servir de la même expression que l'on emploie dans la fabrication du charbon de bois), et ensuite donner la conduite de l'opération elle-même. Je dirai enfin quelques mots sur les dépenses qui résultent de ce travail.

Formation des tas. Ces tas sont ou des troncs de cône reposant sur la grande base, ou des prismes allongés: l'emploi des uns ou des autres dépend de l'emplacement.

Tas coniques. La construction des tas coniques, qui est la plus curieuse, se fait au moyen d'un moule en bois qui

a la même forme que la surface extérieure. Il est composé de planches qui tiennent les unes aux autres par des crochets en fer : elles s'assemblent facilement, et laissent entre elles un vide intérieur en forme de tronc de cône (*fig.* 1, Pl. 17). Dans leur hauteur, elles sont percées de trois rangs de trous circulaires, chaque rang comprend douze trous : le premier est à fleur de terre.

Au centre, on place un piquet carré vertical ; puis, dans chaque trou du rang inférieur, on introduit un pieu circulaire de 3 à 4 pouces de diamètre, dont une des extrémités, garnie d'un anneau, sort de l'enveloppe. Ces pieux sont d'ailleurs disposés comme l'indique la *fig.* 2.

Les pieux ainsi arrangés, deux ouvriers entrent dans l'intérieur du moule : l'un étend et égalise avec une pelle la houille menue et mouillée que lui jette un troisième ouvrier du dehors ; l'autre la tasse avec soin, au moyen d'un pilon en bois. Lorsqu'il y en a une couche de 3 à 4 pouces d'épaisseur au-dessus des pieux horizontaux, on introduit par la seconde rangée de trous autant de pieux que précédemment, et on les dispose de la même manière ; mais, de même que les trous, ils ne correspondent pas immédiatement au-dessus des premiers ; ils sont au tiers de l'intervalle qui sépare ceux-ci. Cela fait, l'ouvrier en place trois autres verticaux sur le mi-

lieu de la longueur des pieux de la première rangée en m, m', m'', afin d'établir la communication des canaux inférieurs avec la base supérieure : il a eu soin auparavant d'ôter le charbon qui s'y trouvait, et ensuite d'assujettir ces pieux en les entourant de houille. Le second ouvrier, qui était sorti de l'intérieur du cône, y rentre pour tasser celle qu'on lui jette, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à la troisième rangée de trous, que l'on dispose du reste comme la seconde.

Le tas conique étant rempli de houille menue et bien tassée, on retire les divers pieux au moyen des anneaux dont leurs extrémités sont pourvues. Cet arrachement se fait sans peine ; on a eu soin pour cela de donner à chaque pieu une forme un peu conique. Si les ouvriers éprouvaient quelque difficulté, ils pourraient se servir d'un levier, qu'ils passeraient dans l'anneau et qu'ils enfonceraient en terre, comme ils sont obligés de le faire pour les grands tas prismatiques.

Les dimensions des tas coniques sont 3 pieds et demi de hauteur, 12 pieds de diamètre à la base inférieure et 7 pieds à la base supérieure ; leur contenu est à-peu-près de 75 bennes de 100 kilogrammes environ chacune.

Six ouvriers sont employés à leur formation ; le premier arrange la houille, dans l'intérieur, avec

la pelle; le second la tasse; le troisième la jette dans la forme; le quatrième l'apporte, dans des brouettes à bras, de l'endroit où on la mouille; le cinquième remplit les brouettes, et le sixième mouille la houille et la mêle. On peut ajouter encore un manœuvre, qui crible et porte aux chaudières tout ce qui ne passe pas à la claie.

La journée des six premiers ouvriers est remplie lorsqu'ils ont fait trois de ces tas. Tous ne font pas constamment le même ouvrage; ils alternent à volonté et reçoivent chacun 2 francs pour ce travail.

Leur construction est analogue à la précédente; on ne l'emploie, comme je l'ai dit, que pour plus de commodité dans les emplacemens, lorsqu'on peut disposer d'un terrain plus étendu. **Tas prismatiques.**

Six ouvriers sont de même occupés et ont chacun un travail semblable. Il me suffira donc d'indiquer la forme et les dimensions des tas.

Ces tas ont une forme prismatique, à-peu-près celle des piles de boulets, si ce n'est qu'ils sont tronqués au sommet. Ils ont 50 à 60 pieds de longueur et même davantage suivant les localités, 3 pieds et demi de hauteur, 4 de largeur à la base inférieure et 2 à la partie supérieure.

Pour les construire, on commence par poser la planche qui doit former une des extrémités : cette planche (*fig.* 3) a la forme d'un trapèze

ayant 2 pieds de largeur et 4 en bas ; on l'incline légèrement pour que la houille se maintienne d'elle-même lorsqu'on ôte l'entourage, et on la fixe dans cette position au moyen de deux leviers en fer, que l'on enfonce en terre intérieurement; puis, contre elle et latéralement, on appuie celles qui doivent garnir les longs côtés du prisme : toutes ces planches (*fig.* 3.) sont liées les unes aux autres par des crochets en fer, et reposent de même de distance en distance, contre des leviers en fer, qui les soutiennent. Lorsqu'on a construit ainsi des côtés de 10 à 12 pieds de longueur, on ferme le prisme par une planche semblable à la première que l'on a posée; mais cette dernière planche n'est que provisoire, on l'ôte dès que la première portion de prisme est remplie de houille, et l'on allonge de nouveau les côtés de 10 à 12 pieds.

Pour pratiquer des canaux dans l'intérieur, on a percé dans l'entourage en planches trois rangs de trous servant à introduire autant de pieux en bois légèrement coniques. Le rang supérieur correspond au premier, et les trous du second rang sont placés au milieu des intervalles qui séparent les autres.

La planche (*fig.* 3), fermant une des extrémités, est percée de quatre trous; celle qui lui correspond à l'autre bout n'en a qu'un en *a* :

c'est par là que l'on introduit un pieu circulaire, parallèle aux longs côtés du prisme, et qui doit avoir un peu plus de 10 à 12 pieds; il est terminé, comme tous les autres, par un anneau, et doit être, en raison de sa longueur, un peu plus fortement conique.

Ce premier pieu étant placé convenablement, les autres, que l'on passe par les trous *a'*, viennent s'y appuyer perpendiculairement et de chaque côté (*fig.* 4). Deux ouvriers entrent alors dans l'enceinte, arrangent et tassent la houille jusqu'à leur niveau, et dès qu'ils y sont parvenus, ils placent en *b* d'autres pieux verticaux, qui arrivent un peu au-dessus de la base supérieure. Ils les assujettissent, et continuent à remplir jusqu'aux trous *a''*, par lesquels on introduit une seconde rangée de piquets horizontaux, qui, d'après leur position, vont rejoindre obliquement les pieux verticaux (*fig.* 5). La troisième rangée est directe comme la première; les trous *m* de la planche (*fig.* 3) sont de même remplis par des piquets, mais se terminant en *a''*—*a'''*.

La cavité prismatique étant remplie de houille bien tassée, on désassemble le tout, après avoir retiré tous les piquets avec un levier en fer. Un ouvrier seul peut enlever les pieux latéraux; quant à celui qui a 12 pieds de longueur, il faut

beaucoup plus de force, les six ouvriers sont quelquefois obligés de le tirer ensemble. A mesure que l'on défait une des extrémités, on allonge l'autre d'autant, et l'on forme ainsi une seconde enceinte égale à la première. On continue de la même manière tant que la place le permet.

D'après cette disposition des tas, soit coniques, soit prismatiques, on voit que l'air circulant avec facilité dans leur intérieur, le feu pourra s'y propager sans peine, et que l'on pourra faire ainsi, avec de la houille menue et mouillée, du coke, dont la qualité ne dépendra que de la nature de la houille, puisque la carbonisation pourra s'effectuer facilement et également dans toutes les parties.

Carbonisation.

Six ouvriers sont chargés de carboniser les tas préparés par les autres. Cet ouvrage est pénible, à cause des fumées épaisses et de la grande chaleur qu'ils éprouvent au milieu de vingt à vingt-cinq tas coniques et de cinq à six tas allongés, tous très-rapprochés les uns des autres. Ils reçoivent aussi une paie plus forte, 2 fr. 50 c. par jour; ils doivent d'ailleurs être plus exercés que les premiers ouvriers, avoir acquis une certaine habitude pour diriger l'opération, et, comme le charbonnier, avoir une connaissance assez exacte de ses diverses périodes, quoique cependant la

fabrication du coke soit bien loin d'être aussi difficile que celle du charbon de bois.

Des six ouvriers, trois travaillent douze heures pendant le jour, les trois autres la nuit. Avant d'allumer, ils placent sur la partie supérieure, et au-dessus des trous, des morceaux moyens de houille sur une hauteur d'un demi-pied, non pas dans toute la longueur du tas, mais de manière seulement à ce qu'ils se communiquent de trou en trou : on a soin de les placer la pointe en bas pour laisser plus d'ouverture, et de ne point en jeter dans les canaux verticaux; sans cela, on risquerait d'obstruer ceux-ci. Cela fait, de distance en distance, les ouvriers mettent quelques charbons embrasés au milieu des morceaux de houille, ce qui suffit pour enflammer successivement toute la masse. Peut-être conviendrait-il de n'allumer les tas prismatiques qu'à une extrémité; le feu se propagerait toujours par le haut, et l'on éviterait une chaleur trop grande.

La houille que l'on ajoute ainsi est complétement perdue pour le coke; mais sans elle le feu prendrait difficilement, et, en commençant à allumer par le haut, on a l'avantage de conserver le plus long-temps possible la forme des tas; ce qui n'aurait pas lieu si le feu était mis par le bas, puisque la houille augmentant de volume en se transformant en coke, et pouvant

beaucoup plus de force, les six ouvriers sont quelquefois obligés de le tirer ensemble. A mesure que l'on défait une des extrémités, on allonge l'autre d'autant, et l'on forme ainsi une seconde enceinte égale à la première. On continue de la même manière tant que la place le permet.

D'après cette disposition des tas, soit coniques soit prismatiques, on voit que l'air circulant avec facilité dans leur intérieur, le feu pourra s'y propager sans peine, et que l'on pourra faire ainsi, avec de la houille menue et mouillée, du coke, dont la qualité ne dépendra que de la nature de la houille, puisque la carbonisation pourra s'effectuer facilement et également dans toutes les parties.

Carbonisation.

Six ouvriers sont chargés de carboniser les tas préparés par les autres. Cet ouvrage est pénible à cause des fumées épaisses et de la grande chaleur qu'ils éprouvent au milieu de vingt à vingt-cinq tas coniques et de cinq à six tas allongés, tous très-rapprochés les uns des autres. Ils reçoivent aussi une paie plus forte, 2 fr. 50 c. par jour; ils doivent d'ailleurs être plus exercés que les premiers ouvriers, avoir acquis une certaine habitude pour diriger l'opération, et, comme le charbonnier, avoir une connaissance assez exacte de ses diverses périodes, quoique cependant la

fabrication du coke soit bien loin d'être aussi difficile que celle du charbon de bois.

Des six ouvriers, trois travaillent douze heures pendant le jour, les trois autres la nuit. Avant d'allumer, ils placent sur la partie supérieure, et au-dessus des trous, des morceaux moyens de houille sur une hauteur d'un demi-pied, non pas dans toute la longueur du tas, mais de manière seulement à ce qu'ils se communiquent de trou en trou : on a soin de les placer la pointe en bas pour laisser plus d'ouverture, et de ne point en jeter dans les canaux verticaux; sans cela, on risquerait d'obstruer ceux-ci. Cela fait, de distance en distance, les ouvriers mettent quelques charbons embrasés au milieu des morceaux de houille, ce qui suffit pour enflammer successivement toute la masse. Peut-être conviendrait-il de n'allumer les tas prismatiques qu'à une extrémité; le feu se propagerait toujours par le haut, et l'on éviterait une chaleur trop grande.

La houille que l'on ajoute ainsi est complétement perdue pour le coke; mais sans elle le feu prendrait difficilement, et, en commençant à allumer par le haut, on a l'avantage de conserver le plus long-temps possible la forme des tas; ce qui n'aurait pas lieu si le feu était mis par le bas, puisque la houille augmentant de volume en se transformant en coke, et pouvant

çoit facilement, après la carbonisation, aux taches noires qui se trouvent aux endroits qui étaient imprégnés de pyrites.

La carbonisation d'un tas, tel que ceux que j'ai décrits, est plus ou moins longue, selon le temps et le vent, qui est très-inégal dans la vallée : elle dure ordinairement de sept à huit jours, quelquefois elle en exige dix à douze, rarement moins de six.

Dépenses. Cinq ouvriers sont employés à défaire les tas et à casser le coke; ils reçoivent chacun 2 francs 50 centimes; ils se servent de pelles et de crochets, et ils sont souvent obligés de s'éloigner, incommodés par la grande chaleur : ils n'ont pas, comme les autres, de travail déterminé; leur ouvrage est réglé d'après les besoins du haut-fourneau. Quatre ouvriers, en outre, transportent le coke au hangar.

Le haut-fourneau auquel le coke devait servir donnait, en 1825, 5,000 kilogrammes de fonte, et la consommation en coke était de 2 parties et demie à 3 pour une de fonte. Il fallait donc par jour 25 à 30 tonnes de houille menue, le déchet étant de la moitié : la houille coûte moyennement 0f,35 les 100 kilogram. ou la benne. A cette dépense, on doit ajouter la dépense provenant des morceaux moyens employés pour allumer les tas, qui est assez considérable, puisqu'il en faut

2 bennes pour 75 de houille menue dans les tas coniques et 4 dans les tas prismatiques, seul désavantage qu'ont ces derniers ; la benne revient à $0^{f},60$.

Enfin, il faut encore compter la dépense journalière en main-d'œuvre, qui est de 61 francs 50 centimes; car l'on a

14 ouvriers pour la formation des tas...	28 fr.	50 c.
6 ouvriers pour la carbonisation.....	15	
5 ouvriers pour défaire les tas......	12	50
4 ouvriers occupés au transport	6	
	62 fr.	c.

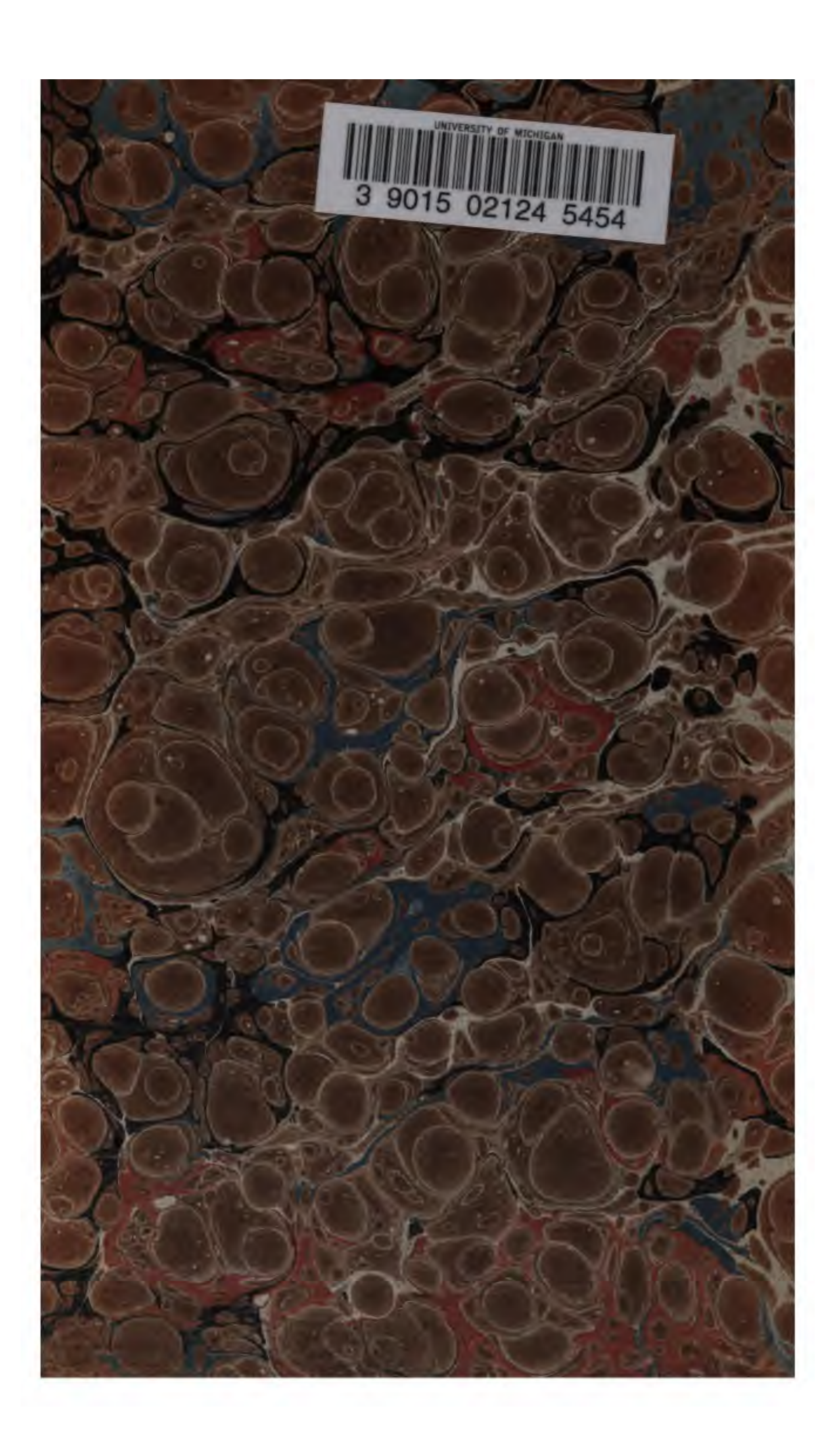
En réunissant ces diverses sommes, l'on voit que la tonne de coke ou les 1000 kilogrammes reviennent approximativement à 11 francs 87 centimes.

TABLE DES MATIÈRES.

Pag.

II. *Préparation mécanique des minérais de cuivre en Cornouailles et en Devonshire*. . . ib.

Pag.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 02124 5454

